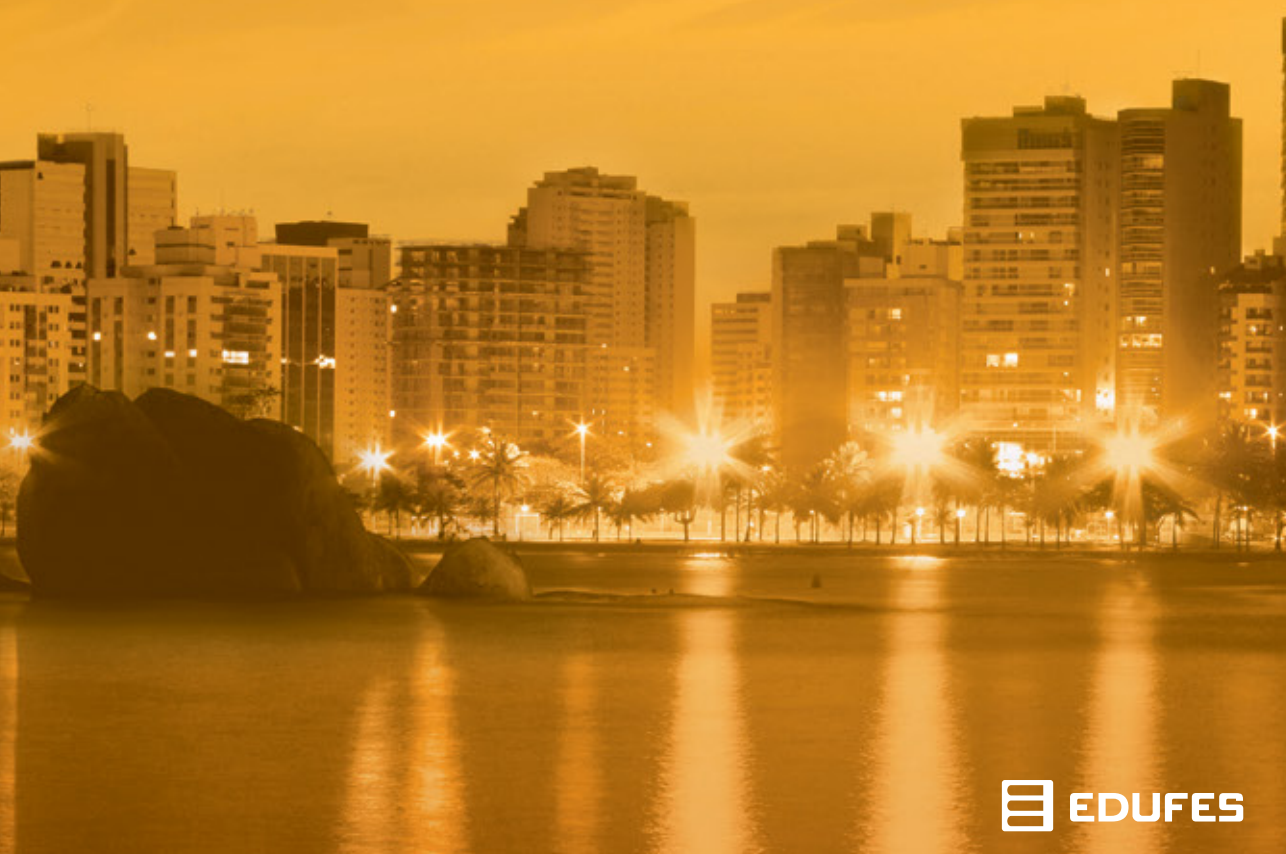


ORGS

Cristina Engel de Alvarez • Luís Bragança

# COMUNIDADES URBANAS ENERGETICAMENTE EFICIENTES



Editora filiada à Associação Brasileira das Editoras Universitárias (Abeu)  
Av. Fernando Ferrari, 514 - Campus de Goiabeiras  
CEP 29075-910 - Vitória - Espírito Santo - Brasil  
+55 (27) 4009-7852 - edufes@ufes.br  
www.edufes.ufes.br

**Reitor** | Reinaldo Centoducatte  
**Vice-Reitora** | Ethel Leonor Noia Maciel  
**Superintendente de Cultura e Comunicação** | José Edgard Rebouças  
**Secretário de Cultura** | Rogério Borges de Oliveira  
**Coordenador da Edufes** | Washington Romão dos Santos

**Conselho Editorial** | Cleonara Maria Schwartz, Eneida Maria Souza Mendonça, Giancarlo Guizzardi, Gilvan Ventura da Silva, Giovanni de Oliveira Garcia, Glícia Vieira dos Santos, Grace Kelly Filgueiras Freitas, José Armínio Ferreira, Julio César Bentivoglio, Luis Fernando Tavares de Menezes, Sandra Soares Della Fonte

**Secretários do Conselho Editorial** | Douglas Salomão e Tânia Canabarro

**Revisão de Texto** | Os organizadores  
**Projeto Gráfico** | Gleica Guzzo Bortolini, Jordano Francesco Gagno de Brito e Willi Piske Jr.  
**Diagramação e Capa** | Willi Piske Jr.  
**Fotografias de capa e abertura da parte 1** | Cláudio Salvalaio  
**Revisão Final** | Os organizadores

**Promoção e Realização** | Rede Urbenere - Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes

**Apoio** | CYTED - Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo

---

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

C741 Comunidades urbanas energeticamente eficientes [recurso eletrônico] :  
formação de recursos humanos para a promoção de bairros urbanos  
energeticamente sustentáveis / orgs. Cristina Engel de Alvarez, Luís  
Bragança. - Dados eletrônicos. - Vitória : EDUFES, 2016.  
275 p. : il.

Inclui bibliografia.

ISBN: 978-85-7772-348-5

Também publicado em formato impresso.

Modo de acesso: <<http://repositorio.ufes.br/handle/10/774/>>

1. Recursos energéticos. 2. Sustentabilidade. 3. Eficiência  
energética. I. Alvarez, Cristina Engel de, 1961-. II. Bragança, Luís, 1959-.

---

CDU: 620.91

ORGS

Cristina Engel de Alvarez • Luís Bragança

# COMUNIDADES URBANAS ENERGETICAMENTE EFICIENTES



**EDUFES**

VITÓRIA • 2016

# Sumário

6 Apresentação

7 Introdução



## QUESTÕES URBANAS

**10** Avaliação do nível de sustentabilidade em comunidades urbanas energeticamente eficientes

**20** Metodologia portuguesa de avaliação de sustentabilidade de áreas urbanas SBTool PT-PU

**29** *Smart Grid* e o futuro das cidades

**39** Cidades inteligentes: uma visão geral a partir de produções científicas

**51** Domingos Martins - ES: um estudo modelo sobre a interferência da legislação municipal no potencial de uso da iluminação natural

**67** A sustentabilidade em balneários no Espírito Santo

**79** Potencial solar en el crecimiento urbano

**92** Hacia una movilidad urbana sostenible: principios y claves en el siglo XXI

**104** As paisagens energéticas: reflexões sobre estratégias de políticas energéticas no Brasil e na Itália

**117** Proposições para um planejamento urbano responsável

**127** Energia elétrica no contexto urbano breves aspectos legais e institucionais

**140** Métodos para el análisis de patrones de movilidad no motorizada

**148** Estrategias de movilidad sostenible en ciudades intermedias en América Latina. Evaluación del sistema de rutas de bicicleta en Cuenca-Ecuador

**159** Transformación de barrios, de zonas consolidadas de Cuenca (Ecuador), en compactos y sustentables



## QUESTÕES DO EDIFÍCIO

- 171** Metodologia portuguesa de avaliação de sustentabilidade de edifícios de serviços e de turismo SBTool PT-S e SBTool PT-T
- 187** Influência de um sistema de reuso de águas cinzas na energia incorporada à água consumida em edificações residenciais multifamiliares
- 199** Um novo modelo de estação de tratamento de esgoto sanitário superavitária em energia
- 210** Influência do consumo de energia sobre a viabilidade econômica de um sistema de reuso predial de águas cinzas de uma edificação residencial multifamiliar de alto padrão
- 218** Indicadores de alto desempenho hídrico para conjuntos residenciais urbanos
- 234** Reacondicionamiento bioclimático de edificaciones existentes mediante el uso de simulación energética
- 250** Normativa aplicable para la eficiencia energética en edificaciones en Argentina
- 264** Análisis de la legislación argentina sobre eficiencia energética que impulsan las políticas públicas

# Apresentação

Jorge Marcial Islas Samperio <sup>1</sup>

Las ciudades son el habitat de la mayor parte del mundo y en el futuro esta tendencia no parece cambiar, con lo que se consolidará y completará el tránsito del hombre que anidó los ecosistemas naturales hacia las ciudades de diseño antropogénico. Sin embargo, la consolidación de esta transición no está exenta de grandes retos como la violencia, pobreza, desempleo, alojamiento, crecimiento caótico, movilidad, contaminación, suministro de alimentos, dotación de servicios básicos como el agua, drenaje, energía, colecta y gestión de la basura, educación, salud, justicia, esparcimiento, cultura, transporte, alumbrado, comunicación, entre otras. Esta problemática es hoy una realidad en la mayor parte de las ciudades del mundo y pone en causa el hábitat principal de los seres humanos. El fracaso para afrontarla, marcaría el declive de la especie humana y la inviabilidad de las ciudades como aposento de la civilización humana. Este enorme reto hace pertinente el hacer de las ciudades el objeto de estudio del logro de la sustentabilidad de la civilización humana. Es en esta problemática y en este marco de estudio que el presente libro encuentra su gran mérito al discutir los grandes temas de la sustentabilidad de las ciudades así como de los retos metodológicos para su estudio y la construcción de indicadores para estimar sus progresos en materia de sustentabilidad. En este mismo tenor, el libro analiza también el impacto de los marcos regulatorios locales y de la planificación del desarrollo urbano en la sustentabilidad de las ciudades y propone y analiza temas transcendentales y

nuevos para la sustentabilidad de las ciudades tales como el potencial de la generación distribuida (GD) en base a energías renovables intermitentes como la solar y la eólica y su aprovechamiento en los múltiples usos finales de la sociedad, el uso de las redes inteligentes para administrar la incorporación de estas fuentes energéticas disponibles en las ciudades a la par de la implementación de dispositivos de ahorro y uso eficiente de la energía y el uso de autos eléctricos; en suma, el libro dedica un buen espacio al análisis del uso de las redes inteligentes para administrar, de manera armónica, la energía de la red eléctrica convencional, la oferta de la GD y la demanda de energía en las ciudades. Asimismo, el libro da un espacio relevante al análisis para impulsar la movilidad no motorizada, como la peatonal y a base de bicicletas, que constituye los medios de movilidad más sustentables y de obvio acceso para toda la población, los cuales además tienen grandes beneficios en términos de salud y porque además tienen prácticamente nulo impacto ambiental. Finalmente, el libro analiza en términos de progreso hacia la sustentabilidad de las ciudades, los impactos de las normativas y de las políticas públicas sobre uso eficiente de la energía y confort térmico en las edificaciones así como el re uso de las aguas residuales. Debido a este importante aporte sobre la sustentabilidad de las ciudades, felicito a la red URBENERE de CYTED por publicar este libro que será de gran utilidad para los estudiosos y tomadores de decisión del desarrollo urbano de la región iberoamericana.

---

<sup>1</sup> Coordinador del Grupo de Planeación Energética en el Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México (IER/UNAM). Gestor Científico del Área de Energía del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED)

# Introdução

Cristina Engel de Alvarez <sup>1</sup>

Luis Bragança <sup>2</sup>

Pode-se afirmar que o interesse pela questão da sustentabilidade e sua relação com a energia foi iniciada em 1968 com a fundação do denominado "Clube de Roma", cuja publicação do livro *The Limits to Growth* em 1972 foi um marco referencial por afirmar, através de modelos matemáticos, que o planeta não é capaz de suportar o crescimento populacional. Posteriormente, a publicação em 1987 do livro *Our Common Future* ou Relatório Brundtland lança as bases fundamentais para o conceito de sustentabilidade, tendo por premissa que o desenvolvimento deve satisfazer as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.

Em 1992, a realização da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento ou Eco 92 ou Cúpula da Terra gerou uma grande quantidade de documentos, livros, artigos e relatórios, sendo no entanto considerado um avanço nos estudos relacionados à sustentabilidade, a questão da incorporação à finitude dos recursos naturais, os aspectos relacionados às questões sociais e econômicas. Nesse sentido, o tema energia assume um papel de grande relevância, inclusive como instrumento de medida na avaliação de sustentabilidade no ambiente construído.

Observa-se que o processo de urbanização se intensificou somente a partir do século XVIII em função da oferta de trabalho nas cidades e que no início do século XX, a população urbana representava cerca de 10% em relação à mundial, eminen-

temente rural. Em 2007, essa proporção passou a 50% estimando-se que em 2050 haverá somente 24% das pessoas vivendo no campo, conforme estimativas da ONU. Com isso, além da ampliação no consumo energético – entre outros aspectos da sustentabilidade – haverá uma consequente e substancial ampliação das emissões atmosféricas, mudanças na paisagem, esgotamento das fontes de energia não renovável, entre outros, mas também espera-se a ampliação da longevidade e melhoria da qualidade de vida da população em geral. Nesse sentido, o processo de inovação tecnológica no modo de obtenção, gerenciamento e consumo de energia vai sendo estabelecido pontualmente, ora num lento caminhar, ora numa corrida desenfreada.

Assim é globalmente e consensualmente aceite que o processo de desenvolvimento da sociedade contemporânea foi construído alicerçado em conceitos insustentáveis, pelo que se verifica uma evidente demanda na busca de soluções que atenuem os problemas já sobejamente verificados e identificados. Em paralelo, é facilmente perceptível que a produção de conhecimento relacionado ao tema vem crescendo substancialmente, podendo-se inferir que já existe um respeitável arsenal de soluções desenvolvidas nos centros de pesquisa e nas universidades, mas cuja aplicabilidade fica comprometida em função da efetiva distância entre as atividades de investigação científica e tecnológica e a realidade. Por outro lado, também é indiscutível que as diferentes realida-

<sup>1</sup> Professora Associada na Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil. Coordenadora do Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP/UFES). Vice-coordenadora da Rede Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes (URBENERE).

<sup>2</sup> Professor Associado na Universidade do Minho (UMinho), Portugal. Diretor do Programa Doutoral em Sustentabilidade do Ambiente Construído. Coordenador da Rede Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes (URBENERE).

des das áreas urbanizadas no planeta fazem com que as soluções não possam ser globais, seja sob o foco ambiental, social, econômico ou político.

Nesse contexto, surgiu a Rede Urbenere – Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes – apoiada pelo CYTED – Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo – cujo recorte temático e territorial de investigação são os espaços urbanos e suas edificações, enquanto principais centros de desequilíbrio energético e maiores provedores de facilidades e conforto humano. O principal objetivo da Rede Urbenere é promover a ampla troca de conhecimento entre pesquisadores do espaço Iberoamericano e, especialmente, ampliar o potencial de aplicabilidade das soluções desenvolvidas no âmbito dos centros de investigação para os diversos “stakeholders” (comunidade técnico-científica, empresas, decisores políticos e sociedade em geral), resguardando as peculiaridades locais.

Dentre as diversas estratégias adotadas pelo grupo para o alcance dos objetivos, está a elaboração desse livro, cujos capítulos contemplam a realidade de 9 países, com o envolvimento de 48 autores de 12 distintas instituições

Tratando-se de uma rede envolvendo diversos países e, conseqüentemente, com variações de idiomas e culturas, optou-se por manter o idioma original dos autores de cada capítulo, ou seja, Português ou Espanhol. Ainda assim, foram também mantidas as pequenas diferenças verificadas no Português de Portugal em relação ao do Brasil como no Espanhol escrito na Espanha, Chile, Equador, Costa Rica e Argentina. Trata-se de uma manifestação pública de respeito pelas diferenças culturais e linguísticas existentes entre os membros da Rede Urbenere e de um primeiro passo em direção à promoção da comunicação livre de impedimentos no espaço Iberoamericano.

Tendo em mente que o público alvo deste livro são, essencialmente os pesquisadores acadêmicos e os gestores das políticas públicas, com interesses bem diferenciados, optou-se por estruturar o livro em capítulos independentes, visando facilitar a consulta sobre os temas que cada tipo de leitor tem interesse em aprofundar. Além disso, tendo também em mente a facilidade de consulta da

obra, decidiu-se dividir os temas em duas partes, sendo a primeira relativa à abordagem urbana e a segunda às questões do edifício, embora ambos aspectos estejam profundamente inter-relacionados, principalmente quando o viés de análise é realizado à luz do conceito de sustentabilidade.

Os temas de abordagem foram direcionados de forma a atenderem às demandas identificadas em cada país ou região específica, assim como aos assuntos de maior interesse e que representem as preocupações contemporâneas do setor. Os diversos temas são analisados sob a perspectiva dos conhecimentos mais avançados existentes atualmente e sintetizam o estado da arte acerca das tecnologias e dos casos de estudo existentes em cada país da Rede Urbenere. Observa-se que embora as realidades culturais e econômicas entre os países envolvidos sejam bastante diferenciadas, há uma convergência em alguns temas e formas de abordagem, como por exemplo, naqueles relacionados à mobilidade urbana em Madrid (Espanha) e em Cuenca (Equador). Também os aspectos legais foram constantemente mencionados em vários capítulos, com maior ênfase para o Brasil e a Argentina, assim como as estratégias de medição e avaliação de desempenho, destacadamente considerados tanto para a realidade Europeia – sobretudo em Portugal – como no Brasil e no Chile.

O processo de elaboração deste livro também permitiu que outros temas fossem explorados, como aqueles que ainda se desenvolvem de forma teórica na maior parte das cidades, como é o caso das denominadas “Cidades Inteligentes” e das “Smart Grids”. Permitiu-se ainda a introdução de temas inovadores, como é o caso da “paisagem energética”, assim como de temas correlatos à energia, como o consumo e tratamento da água.

Espera-se que esse livro sirva como instrumento de reflexão e de ponte de ponderação entre o alarmismo com que a mídia em geral trata a questão da energia e o hermetismo das soluções apontadas nas revistas científicas, inacessíveis para muitos e praticada por poucos.



PARTE 1

# QUESTÕES URBANAS



# Avaliação do nível de sustentabilidade em comunidades urbanas energeticamente eficientes

---

**UNIVERSIDADE DO MINHO – PORTUGAL**

Luís Bragança  
Erika Guimarães  
José Amarílio Barbosa  
Catarina Araújo

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – BRASIL**

Cristina Engel de Alvarez

---

**BIOSPLENA© – BRASIL**

Giovana Ulian

## Introdução

Atualmente, os habitantes de centros urbanos representam mais de 50% da população mundial e este valor tende a aumentar em quase metade nos próximos 40 anos. As cidades contemporâneas têm evoluído não apenas em função do desenvolvimento económico mas também em função da organização espacial dos locais onde se inserem, sendo as principais responsáveis pelo consumo de recursos naturais e terrenos, e contribuintes de cerca de 70% das emissões globais de poluentes (BRAGANÇA, 2013).

O crescimento das taxas de urbanização, coincidentes com inevitáveis adensamentos populacionais, implicam em aumentos substanciais nas demandas por recursos materiais, água potável e fontes energéticas, e também na geração de resíduos sólidos e efluentes. Da mesma forma, a expansão dos tecidos urbanos intensifica o uso do solo disponível, salientando a necessidade de aprimorar os mecanismos de gestão do mesmo. De maneira a tentar refrear o iminente esgotamento dos recursos naturais e garantir a possibilidade de desenvolvimento das gerações futuras, é de suma importância repensar os mecanismos de gestão atuais, assim como orientar o planeamento urbano num sentido sustentável (BARBOSA, 2014a).

A gestão da sustentabilidade permite compreender o funcionamento de cidades e suas zonas rurais, com o objetivo de alcançar um equilíbrio entre questões ambientais, económicas e sociais para as atuais e futuras gerações. Portanto, gerir a urbanização de áreas em desenvolvimento requer pensamento inovador e uma capacidade de prever e avaliar os impactos futuros possíveis (ABDEL-GALIL, 2012).

A criação de metodologias de avaliação de sustentabilidade atraiu a atenção dos *stakeholders* (BRAGANÇA, 2007) ao tornar possível verificar e mensurar a aplicação do conceito de sustentabilidade nas mais diversas escalas, nomeadamente, ao nível dos componentes urbanos. Tais metodologias baseiam-se na avaliação de indicadores relacionados a aspectos específicos da sustentabilidade, avaliados individualmente e agrupados em categorias maiores e permitem identificar o nível de sustentabilidade do edifício ou projeto em estudo através de métodos de cálculo próprios.

Desta forma, as atuais ferramentas de análise de sustentabilidade de áreas urbanas evoluíram a partir das metodologias de avaliação de edifícios, possuindo em comum a estrutura e método de cálculo e, muitas vezes, incorporando indicadores já desenvolvidos.

Embora não exista um consenso sobre o número ideal de indicadores para a sustentabilidade urbana, a maioria das ferramentas existentes apresentam listas demasiado extensas, resultando por vezes em redundâncias e, em alguns casos, incongruências nas avaliações dos diferentes parâmetros (BARBOSA, 2014b). Por outro lado, tendo sido naturalmente baseadas em cenários locais, a extensão de determinada ferramenta a contextos diversos pode ser falha ou inadequada, não procedendo a uma avaliação fidedigna. Desta maneira, devido às singularidades dos locais de aplicação, mostra-se igualmente difícil a criação de uma ferramenta de alcance global.

Este capítulo foca-se nas necessidades específicas para avaliação da sustentabilidade de comunidades urbanas energeticamente eficientes, pretendendo-se estabelecer as diretrizes a serem consideradas para esse contexto. Para tal, é usada como base uma metodologia de avaliação da sustentabilidade consagrada internacionalmente: o *SBTool Urban*. São ainda propostos indicadores preliminarmente desenvolvidos, tendo em conta as principais exigências definidas para este contexto.

## Sustentabilidade em Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes - URBENERE

A rede temática URBENERE visa a transferência de conhecimento e de tecnologias através da elaboração de material didático técnico-científico e da sua disseminação. Os conteúdos programáticos são orientados às necessidades dos diversos mercados e estão de acordo com os conhecimentos mais avançados existentes atualmente no que se refere à avaliação da sustentabilidade urbana, à promoção da eficiência energética, à utilização racional de energia, à satisfação das exigências de conforto e da qualidade do ambiente interior.

São ainda objectivos do projecto a consciencialização para racionalização de consumos de recursos naturais, nomeadamente a energia, a promoção do desenvolvimento urbano susten-

tável, a proposta de criação de ambiente urbano mais saudável, com melhor qualidade de vida e potenciar o desenvolvimento económico, criando novas oportunidades de negócio.

Neste sentido, o âmbito do presente capítulo é apresentar as bases para o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação do nível de sustentabilidade à escala do bairro para Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes. Os parâmetros principais a serem considerados na avaliação dos aspectos mais relevantes neste tipo particular de avaliação são apresentados agrupados, sob a forma de categorias. A discussão específica de cada aspecto é feita a seguir.

### Morfologia Urbana

A análise da forma urbana refere-se à forma da cidade, onde se pretende promover a adaptação ao clima local e a vitalidade urbana através da relação entre o edificado e a rede de vazios e percursos. O tecido urbano tem influência no potencial bioclimático do edificado pela sua orientação às exposições solar e aos ventos dominantes. Por outro lado, exerce influência direta na qualidade de vida através da circulação, pela diminuição das distâncias e humanização da escala das ruas. As cidades não podem continuar a crescer linearmente e indefinidamente sobre o seu entorno natural pois colocam em risco os recursos naturais essenciais à sua própria existência e sustentabilidade (ACIOLY; DAVIDSON, 1998). Deve-se buscar promover a adaptação ao clima local e a vitalidade urbana através da relação entre o edificado e a rede de vazios e percursos.

### Solos e Infraestruturas Urbanas

De maneira complementar, a análise do solo urbano e das respectivas infraestruturas presentes pretende otimizar a utilização do espaço disponível e conter a expansão urbana. Assim, as análises reservam-se à disponibilidade e uso do solo para construção, sua aptidão natural e flexibilidade para acomodar atividades diversas. Deverão ser ainda considerados os impactos associados à construção de novos edifícios e das infraestruturas técnicas no subsolo.

### Biodiversidade

A avaliação da biodiversidade de uma área urbana está relacionada com preceitos ecológicos, sob

a perspectiva da estruturação ambiental da cidade. Os objectivos desta análise são promover a continuidade ecológica, contribuir para a melhoria da qualidade do ar, criar espaços de lazer para a população, conservar a biodiversidade local e o aumento do valor ecológico, e monitorizar os aspetos ambientais relevantes.

### Energia

A energia é o objeto de estudo principal no âmbito das comunidades urbanas energeticamente sustentáveis e, para o devido fim, estão em destaque as principais características do projecto relacionadas com a gestão, produção e minimização de consumos. Em outras palavras, deve-se avaliar detalhadamente a eficiência energética nos espaços públicos, a produção local de energias renováveis e controlar consumos, identificando eventuais problemas na rede e nos sistemas consumidores de energia.

### Água

De forma análoga, a preocupação com a oferta e disponibilização de água procura avaliar questões relacionadas com o consumo deste recurso e a gestão de efluentes, e para tal avaliação deve-se observar práticas de conservação e redução de seu consumo nos espaços públicos, de recarga e proteção de aquíferos, de controle do risco de inundações e identificação atempada de eventuais problemas na rede.

Em áreas altamente urbanizadas a escassez de água para abastecimento público é um dos principais conflitos que devem ser equacionados. Além disso, observa-se acentuada perda de referências paisagísticas e simbólicas da relação “sociedade – cursos de água”. Sendo assim, planejar adequadamente o uso e ocupação do solo em interface com os recursos hídricos é fundamental para o alcance de um equilíbrio em relação às demandas de abastecimento público, da sociedade e do território (ALVIM, 2010).

### Geração de Resíduos

A construção civil é um dos sectores económicos que mais exercem pressão sobre os recursos naturais. Assim, a seleção de materiais mais sustentáveis prende-se com a necessidade de se promover a reutilização de resíduos no local, a separação seletiva dos mesmos e a implementação de sistemas

de valorização, de forma a reduzir a disposição em aterros sanitários e aumentar a reciclagem.

### Qualidade do Ambiente Exterior

A presente categoria proposta diz respeito à dimensão Social da Sustentabilidade. Alguns de seus pontos principais estão relacionados com a saúde e o conforto no ambiente exterior dos habitantes das cidades. Estas questões estão diretamente relacionadas com a qualidade ambiental local, ao nível da temperatura e da poluição. Busca-se com isso reduzir a emissão de substâncias poluentes e gases de efeito estufa, minimizar o efeito “ilha de calor” característico em aglomerações urbanas e promover níveis adequados de conforto térmico, sonoro e luminoso.

### Segurança da População

Ainda no âmbito social, esta categoria proposta para o sistema refere-se à análise das questões relacionadas com a segurança dos habitantes nas cidades. É preciso garantir a segurança dos utilizadores da área urbana através do desenho urbano criativo e da proposta de medidas de prevenção, como a adequada iluminação pública exterior. Além disso, deve-se assegurar o acesso à informação de procedimento em caso de catástrofes naturais e tecnológicas a que a cidade possa estar sujeita.

### Oferta de Serviços

A segregação dos bairros de acordo com a finalidade principal da maioria de seus edifícios (zonas monofuncionais estritamente residenciais, industriais e comerciais) foi uma tendência nos projetos urbanísticos em fins do século XX. No entanto, este modelo leva a deslocamentos desnecessários dos utilizadores, em busca de serviços e equipamentos públicos de lazer. Assim, esta avaliação visa garantir que os usuários das áreas urbanas tenham fácil e rápido acesso a uma ampla variedade de serviços.

### Mobilidade Urbana

A facilidade de deslocação de pessoas e bens é um dos requisitos a ser considerado na avaliação da mobilidade urbana dentro das cidades. O conceito é amplo e envolve interações entre diversos meios de transporte e estratégias de acessibilidade aos usuários de determinado espaço. Os ob-

jectivos desta avaliação são promover uma rede adequada de transportes públicos; a mobilidade, a segurança do pedestre e a acessibilidade; e reduzir o uso do veículo privado individual.

### Desenvolvimento Económico

Por fim, uma avaliação completa do nível de sustentabilidade de uma comunidade também abrange questões relativas à economia. Para o efeito, deve-se ter em conta os custos inerentes à construção da nova área urbana e/ou à regeneração da área existente e as condições para o desenvolvimento económico local. Objectiva-se com isto otimizar os custos iniciais e promover a economia local pela diversificação de bens e serviços.

### Proposta de Indicadores para avaliação da sustentabilidade de comunidades urbanas energeticamente eficientes

A adequada avaliação das categorias definidas em uma metodologia de avaliação de sustentabilidade pressupõe o correto atendimento às suas particularidades. Neste sentido, o termo “indicador” refere-se a uma medição quantitativa, qualitativa ou descritiva, representativa de determinada categoria de impacto em uma ferramenta de avaliação (ISO, 2011). Conforme defendido por Mateus (2011), os objectivos de se criar indicadores dizem respeito à simplificação, quantificação e comunicação da avaliação de determinado parâmetro, aspecto ou requisito em metodologias. Um indicador bem definido é capaz de traduzir uma ideia complexa, possivelmente originária de fontes numéricas, de forma simples e prática.

Os indicadores podem ser usados para avaliar e projetar as tendências ao longo do tempo, bem como as respostas dadas pelos governos e pelos cidadãos. Podem, assim, ser úteis para prognosticar futuros cenários e nortear ações preventivas (SANTOS, 2004).

No seguimento do estabelecimento de diretrizes a serem seguidas na avaliação da sustentabilidade de Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes, são apresentados na tabela 1 os aspetos mais relevantes a ter em consideração nessa avaliação, bem como os indicadores propostos para a sua quantificação. De seguida, os indicadores são pormenorizados ao nível das variáveis de que dependem.

## Design das cidades

De uma maneira geral, é desejável que a organização do tecido urbano permita aproveitar ao máximo os benefícios da energia solar, potenciar a captação de energias endógenas e reduzir as perdas térmicas associadas ao edificado. É importante que este objetivo seja alcançado de maneira passiva, isto é, sem o auxílio de sistemas mecânicos, e, para tal, recomenda-se estratégias de planeamento bioclimático.

## Ventilação Natural

O volume ocupado pelos edifícios, a forma do edificado e a vegetação do entorno podem contribuir para direcionar e controlar a entrada e saída de ar nos edifícios. Sendo assim, um projecto urbano sustentável deve promover as melhores práticas para potenciar a ventilação urbana adequada e a ventilação natural interior do edificado. Os principais objetivos envolvem a renovação de ar e remoção de poluentes, o conforto térmico dos utilizadores e o arrefecimento das superfícies, através de trocas de calor por convecção.

## Rede viária

É importante promover a interação entre vias de diferentes hierarquias para reduzir distâncias e tempos de viagem e facilitar as deslocações diárias das pessoas. Para isso é fundamental reconhecer as centralidades urbanas, espontâneas ou não, e priorizar a interconexão das mesmas. Na concepção da rede viária urbana a conectividade entre eixos é prioritária, uma vez que as conexões urbanas afectam o modo como as pessoas se ligam aos seus destinos. Uma rede viária bem projetada resulta na melhoria da segurança, da integração dos empreendimentos às áreas urbanas e do acesso a todos os serviços infraestruturas. Nestes aspectos, a topografia da área projetada é essencial na concepção da rede viária e as intersecções entre vias são os pontos de convergência utilizados.

## Tipologia do solo

A utilização do solo deve ser adequada em função de sua aptidão natural, e para isso é preciso considerar as características do local (tipo de solo, exis-

| ASPECTOS MAIS RELEVANTES        | INDICADORES PROPOSTOS                             |
|---------------------------------|---|
| Morfologia Urbana               | I.1 Design das Cidades                            |
|                                 | I.2 Ventilação Natural                            |
|                                 | I.3 Rede Viária                                   |
| Solos e Infraestruturas Urbanas | I.4 Tipologia do Solo                             |
|                                 | I.5 Densidade de Urbanização                      |
|                                 | I.6 Requalificação Urbana                         |
| Biodiversidade                  | I.7 Ecologia                                      |
|                                 | I.8 Gestão Ambiental                              |
| Energia                         | I.9 Eficiência Energética                         |
|                                 | I.10 Fontes Renováveis de Energia                 |
| Água                            | I.11 Consumo de Água Potável                      |
|                                 | I.12 Controlo de Efluentes e Cheias               |
| Geração de Resíduos             | I.13 Materiais                                    |
|                                 | I.14 Reciclagem e Reutilização                    |
|                                 | I.15 Emissão de Poluentes                         |
| Qualidade do Ambiente Exterior  | I.16 Conforto no Ambiente Exterior                |
| Segurança da População          | I.17 Violências nas Ruas                          |
|                                 | I.18 Desastres Naturais e Situações de Emergência |
| Oferta de Serviços              | I.19 Serviços Básicos e Equipamentos Públicos     |
| Mobilidade Urbana               | I.20 Rede de Transportes                          |
|                                 | I.21 Acessibilidade                               |
| Desenvolvimento Económico       | I.22 Viabilidade Económica                        |

**Tabela 1** Aspectos mais relevantes a ter em consideração na avaliação da sustentabilidade de comunidades urbanas energeticamente eficientes.

tência de cursos de água, fauna e flora existentes, falhas geológicas e topografia) na programação das áreas necessárias à ocupação e atividade humana.

### Densidade de urbanização

A densidade habitacional urbana relaciona o número de habitantes com as superfícies construídas. Cidades compactas representam vantagens na economia de recursos, espaço, e redução dos impactos associados ao automóvel, contrariando a tendência de expansão dispersa do solo. Neste sentido, importa também avaliar o desenho e a forma das cidades, o uso do transporte público colectivo e aos usos mistos da ocupação. Segundo Andrade e Blumenschein (2013), um dos grandes desafios para os planejadores do espaço urbano está em conciliar as demandas para a sobrevivência do ser humano (água, energia, produção de alimentos, abrigos e tratamento de resíduos) de forma sistêmica com densidades de ocupação.

### Requalificação urbana

De modo a tentar refrear a expansão urbana descontrolada e o consumo de solo rural, deve ser de igual maneira incentivada a reutilização das áreas construídas e a reabilitação de solos contaminados. As principais fases do processo de requalificação de áreas contaminadas e devolutas incluem a identificação dos locais e níveis de contaminação, avaliação das opções de reutilização e limpeza e implementação de um plano de desenvolvimento. Na reutilização do solo poderão ser tomadas medidas de implantação do projeto em solo previamente construído ou de proteção de zonas ainda não edificadas. O reconhecimento de novas centralidades permitirá que o centro histórico original seja poupado de equipamentos urbanos de grande escala, facilitando assim sua requalificação.

É igualmente necessário promover a reabilitação e reconstrução à escala do edifício, de acordo com práticas sustentáveis, para conservar a herança e o património edificado. Reabilitar é vantajoso porque evita a geração de resíduos de demolição e minimiza o consumo de recursos.

Da mesma maneira, o aproveitamento de redes existentes e a ligação com as novas resulta em economia, pela redução dos custos com a eliminação e de eventuais resíduos tóxicos e diminuição

do uso de matérias-primas. Assim, deve-se procurar minimizar o impacto associado à manutenção das redes de infraestrutura técnica e da criação de novas redes através da reutilização das existentes.

### Ecologia

A análise dos espaços verdes é proposta para a promoção da continuidade ecológica dentro dos centros urbanos. São considerados os espaços de carácter público ou privado que possuem a vegetação como elemento base de sua estrutura (praças, jardins públicos, jardins privados e parques urbanos). Dentro deste âmbito, a quantificação da vegetação autóctone existente também se faz necessária pois, uma vez que as espécies autóctones possuem características que lhes permitem ser mais adaptadas às condições climáticas locais, sua presença auxilia na conservação da fertilidade do solo, o equilíbrio biológico e a biodiversidade local.

Complementarmente, é preciso avaliar a conectividade entre os espaços verdes e centros de interesse, parques, reservas naturais, e sítios de património natural e cultural. Nesse sentido, os chamados "corredores verdes" propiciam espaços de lazer e promovem a requalificação da paisagem cultural e agrícola e, por outro lado, a proteção do património natural e construído.

### Gestão Ambiental

Por forma a atingir os objetivos transversais aos parâmetros anteriormente descritos, é importante monitorizar os aspectos ambientais naturais associados às fases de ocupação da área do plano, nomeadamente: recursos, fauna, flora, recursos hídricos, qualidades do ar e do solo. A divulgação pública dos resultados da monitorização aos residentes é complementar para que estes estejam sensibilizados para adopção de comportamentos sustentáveis e participem no processo de avaliação das medidas a ser implementadas.

### Eficiência Energética

O estudo deve começar pela quantificação das medidas direcionadas à eficiência energética. Uma vez que a iluminação pública representa parcela significativa do consumo energético dos municípios, o objetivo deste indicador é reduzir o consumo energético público, promovendo o uso de dispositivos que permitam maior economia,

como lâmpadas LED, sensores de luminosidade e redutores de fluxo.

Além disso, para assegurar sistemas de controle dos consumos energéticos visando identificar atempadamente problemas nas redes e sistemas consumidores em espaços públicos, é desejável apresentar-se uma gestão centralizada do sector energético. A gestão centralizada de energia consiste na utilização de tecnologias de informação nos sistemas eléctricos, para dar resposta às necessidades de controle e optimização. Este sistema permite um controle integrado dos consumos energéticos atribuindo um papel activo à população e administração. Com isso pretende-se também promover a divulgação do consumo de forma a fomentar a tomada de decisões e a mudança de atitudes da população.

### Fontes renováveis de Energia

Em seguida aos procedimentos relativos à eficiência energética, procede-se ao incentivo à produção local ou disponibilidade de fontes de energias renováveis. A utilização de energias renováveis no âmbito do planeamento urbano pode assim ter um papel importante na retenção às alterações climáticas ocasionadas pelo uso de combustíveis fósseis. A energia deve ser gerada o mais próximo possível do local de uso, uma vez que a utilização descentralizada de energia evita custos de transporte, que resultam em desperdícios de calor e perdas na rede.

### Consumo de Água Potável

A promoção do controle no consumo visa desenvolver o consumo consciente, disseminando práticas de conservação e redução de desperdícios em espaços públicos e, indiretamente, minimizando a produção de efluentes. Uma gestão eficiente no abastecimento deste recurso inclui igualmente a gestão e a regulação no consumo do mesmo e resulta da integração dos diversos sistemas relacionados a ele no meio urbano: gestão das águas pluviais e subterrâneas, tratamento e reutilização de águas residuais e proteção à saúde pública. Para isto devem ser promovidas práticas de tratamento, conservação e reutilização da água.

Um projeto urbanístico que ofereça bases para uma gestão centralizada deste recurso poderá

ajudar a promover melhores controle de consumo e redução das perdas na rede de distribuição. Desta forma, uma gestão centralizada compreende não só o fornecimento mas também a gestão de águas pluviais e a gestão de efluentes, e avalia a implementação de sensores e dispositivos de medição e controle e softwares, redes inteligentes de gestão de consumos nos espaços públicos e políticas de regulamentação que obriguem à divulgação pública dos resultados obtidos. Devem ser evitados todos os tipos de desperdícios, especialmente aqueles relacionados com a água tratada, não privilegiando a busca por novas fontes de água como a única alternativa para suprir o aumento da demanda.

### Controlo de Efluentes e Cheias

Para que se possa verificar a forma como os efluentes são condicionados, é recomendado que o projecto aprovisione uma taxa mínima de recarga das reservas subterrâneas e o adequado dimensionamento dos sistemas públicos, reduzindo a carga nos mesmos e o risco de inundações. Pretende-se ainda promover o adequado dimensionamento dos sistemas de tratamento de efluentes domésticos, respondendo às necessidades incrementadas pelo projeto. A falha ou ineficiência dos sistemas de tratamento de águas residuais urbanas contribui para a degradação ambiental e agrava os riscos à saúde pública. Neste sentido, a proposta deste indicador é a de tornar possível a elaboração adequada de um plano de gestão de águas de escoamento superficial, considerando sistemas de retenção e infiltração pluvial, rede de recolha e separação de hidrocarbonetos e sistema de armazenamento e tratamento local de águas pluviais para reutilização.

### Materiais

Para atenuar os impactos associados às actividades construtivas, faz-se necessário encontrar materiais alternativos, mais sustentáveis. Assim, o objecto de estudo aqui proposto é a análise das questões relacionadas com o impacte da extração, produção, transporte e utilização de materiais de construção, bem como da produção de resíduos sólidos urbanos durante a fase de operação.

A avaliação do impacto dos materiais tem como objetivo reduzir impactos ambientais associados



à extração, produção, transporte e utilização de materiais de construção. É incentivado em particular a adoção de materiais de renovação rápida (cortiça, bambu, choupou, algodão, lã, linóleo, produtos à base de soja, resíduos de materiais agrícola) e a incorporação de conteúdo reciclado para reduzir os impactos de extração e processamento de matéria-prima virgem.

### Reciclagem e reutilização

Deve ser avaliado também o grau de reutilização dos resíduos de construção e demolição (RCD) no local, ou, quando isto não for possível, sua valorização final em detrimento da deposição em aterro. Podem ser tomadas medidas de reutilização de inertes como sub-bases de pavimentos e de entrega a entidades de valorização de resíduos quando não seja possível a sua reutilização.

Além disso, compete incentivar a redução da carga de disposição final em aterros sanitários para aumentar o valor agregado da reciclagem e estimular a separação seletiva e os sistemas de valorização. Um plano de gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) eficiente deve considerar: a implementação de sistema local de recolha seletiva, através de distribuição adequada de ecopontos e recolha domiciliar e as recuperações locais de resíduos orgânicos para fertilização dos espaços verdes e de resíduos não recicláveis para produção de energias.

### Emissão de Poluentes

Para que se possa promover a melhoria da saúde e conforto olfativo dos habitantes, é preciso reduzir as emissões de poluentes e odores nos espaços exteriores. Para avaliar quantitativamente a qualidade do ar em áreas urbanas, utiliza-se o índice de qualidade do ar (IQA). O IQA mede o nível de poluição do ar em determinada zona e resulta da média aritmética calculada para cada um dos poluentes, de acordo com os resultados obtidos em várias estações de medição. Para diminuir as emissões deste tipo de substâncias, devem ser adotadas estratégias de isolamento de fontes de odor e poluição, implementação de frotas de veículos elétricos para transporte colectivo, restrição de trânsito motorizado, regulamentação antipoluição nas indústrias e, como medida emergencial, criação de Planos de Emergência para situações de poluição atmosférica muito graves.

### Conforto no Ambiente Exterior

De modo a melhorar o conforto dos habitantes e reduzir o efeito “ilha de calor”, é preciso promover também a proteção pluvial nos espaços exteriores. De forma a contrariar a tendência de formação de “ilhas de calor” nos centros urbanos, devem ser pensadas medidas que promovam o aumento de espaços verdes e de espelhos de água, distribuição de estruturas de sombreamento e de abrigos pluviais adequadas, adoção de materiais de revestimento de elevada reflectância.

A melhoria do conforto exterior também está relacionada com a redução do ruído, uma vez que, em elevados níveis, esta é uma das principais causas da degradação da qualidade do ambiente urbano. Assim, a avaliação da poluição sonora está direccionada para medidas para reduzir os níveis originais de ruído e planos de ação para mitigar o excesso de ruído produzido no ambiente urbano.

De maneira análoga, a poluição luminosa prejudica o meio ambiente pela produção excessiva de luz artificial ou o mal-direcionamento desta, causando efeitos negativos à saúde humana e ecossistemas. Para minimizar os efeitos negativos da iluminação artificial, são necessárias novas estratégias de eficiência iluminativa, tais como: direcionamento adequado dos focos de luz públicos (abertura reduzida), adoção de sensores de movimento articulados com temporizadores, minimização da iluminação decorativa e do uso de materiais reflectores ao nível do edificado.

### Violência nas ruas

A preocupação com a segurança nas ruas está relacionada com a redução da criminalidade, seja através do desenho urbano ou da adequação da iluminação pública exterior. Os projetos de áreas urbanas devem considerar a vigilância natural das ruas, a eliminação de pontos críticos (guetos, becos sem saída), o paisagismo como delimitador dos limites de propriedade, distribuição adequada da iluminação pública e o aumento de fachadas ativas nos edifícios (eliminar “pontos cegos”). Promover espaços públicos atraentes favorece a segurança fazendo com que o cidadão de bem frequente estes espaços e ajude a inibir a criminalidade.

## Desastres Naturais e Situações e Emergência

É também necessário certificar-se de que a população possui adequado acesso aos procedimentos a seguir nos casos de catástrofes naturais e tecnológicas, para que seja assegurada a segurança dos habitantes contra riscos naturais e tecnológicos. De forma a evitar possíveis ocorrências, devem ser desenvolvidos estudos que indiquem estratégias de redução, bem como elaborados planos de evacuação, divulgados apropriadamente.

## Serviços Básicos e Equipamentos Públicos

Esta proposta de indicador tem como objetivo proporcionar aos habitantes da comunidade um conjunto de serviços básicos (farmácias, agências bancárias, postos de saúde, correios, comércio, etc.) e equipamentos de lazer públicos (espaços destinados a cultura, desporto, religião e recreação) diversificados próximos às suas habitações. Com isto pretende-se incentivar a prática de exercício físico dos habitantes das cidades, introduzindo-a de maneira utilitária no quotidiano dos usuários. Para desincentivar o recurso a deslocação motorizada, e tornar viável o transporte pedonal ou por bicicletas é preciso reduzir significativamente as distâncias dos trajetos. O desempenho da área urbana neste quesito será tanto melhor quanto menor forem as distâncias do(s) aglomerado(s) habitacional(ais) à todos os serviços relevantes nas redondezas.

## Rede de Transportes

Para que se possa promover o uso mais frequente dos transportes públicos, é preciso proporcionar redes adequadas, quer através do aumento da qualidade dos transportes e das conexões oferecidas, quer pelo uso de energias limpas nos veículos. Para garantir um sistema de qualidade, é necessário considerar a área abrangida, o número de paragens no percurso, o período de funcionamento e o intervalo de tempo médio entre as passagens em diversos períodos do dia. As paragens devem ser colocadas em locais adequados, permitindo uma espera segura e confortável e fornecendo informações sobre horários, preços e rotas.

## Acessibilidade

Diretamente relacionado ao uso dos transportes públicos, a acessibilidade pedestre é necessária

para promover o acesso a pessoas de mobilidade reduzida e a segurança dos pedestres. As limitações urbanas prejudicam a população mais debilitada, seja devido a idade avançada, restrição físicas provisórias ou permanentes e condições momentâneas. O desempenho do espaço está relacionado com variáveis de caracterização física referentes às dimensões e inclinação dos percursos; materiais de revestimento e estado de conservação do pavimento; visibilidade, iluminação, arborização e sinalização adequadas e o tipo de uso dos solos adjacentes ao percurso pedonal.

## Viabilidade Económica

A análise da viabilidade económica é importante para otimizar os custos iniciais, avaliando os custos de operação e manutenção durante a fase de operação da área urbana. Um projecto de planeamento urbano deve incluir um Estudo de Viabilidade Económica e Financeira (EVEF), que considere os investimentos iniciais e os custos associados de operação, manutenção e desmantelamento. Devem ser particularmente observados os seguintes factores: enquadramento socio-económico do empreendimento, identificação das principais áreas de negócio, cálculo do Life Cycle Cost (LCC) do projecto (cradle to grave), identificação de metas e medidas para diminuir o LCC, identificação de estratégias alternativas de financiamento e plano de redução dos custos de operação e manutenção.

Dando seguimento à avaliação, o incentivo ao desenvolvimento da economia local deve ser feito através da diversificação de bens e serviços, potenciando assim a circulação interna. O desenvolvimento das atividades económicas de um projecto de área urbana está previsto no EVEF, sendo este documento responsável por enquadrar socioeconomicamente o projecto e também traçar as diretrizes estratégicas do plano. Algumas medidas adicionais podem ser incluídas, como identificação das áreas de negócio existentes e prioritárias para o crescimento dos negócios locais, promoção da diversidade de usos e da proximidade dos habitantes aos serviços.

## Considerações Finais

A tendência de crescimento acelerado das populações urbanas é verificada em todo o mundo, sen-

do motivada por um novo paradigma no estilo de vida, promovido por alterações nos modelos econômicos e de gestão. Com isso, aumentam as taxas de urbanização de zonas originalmente rurais e o adensamento urbano das cidades existentes.

Este processo agrava as preocupações relativas à geração de resíduos e poluição do meio ambiente, bem como intensifica consumo por recursos naturais. Para que seja possível orientar o planejamento urbano num sentido sustentável, é necessário investir em metodologias de avaliação dos principais componentes urbanos.

Neste aspecto, fundamentada no tema de estudo da rede URBENERE, procedeu-se à discussão acerca dos principais aspectos relevantes para a avaliação de Comunidade Urbanas Energeticamente Eficientes. Além de apresentar as bases, foram também esboçadas as propostas de indicadores para a avaliação dos requisitos específicos de cada aspecto individual.

Com isto, acredita-se terem sido estabelecidas a diretrizes para o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de sustentabilidade especificamente destinada a comunidades urbanas dentro da Rede URBENERE.

## Referências

- ABDEL-GALIL, R. E. S. Desert reclamation, a management system for sustainable urban expansion. **Journal Progress in Planning**, v. 78, p. 151-206, 2012.
- ACIOLY, C.; DAVIDSON, F. **Densidade urbana: um instrumento de planejamento e gestão urbana**. Rio de Janeiro: Mauad, 1998.
- ALVIM, A. A. T. B. Água e meio urbano: em busca de uma política integrada. O caso de São Paulo, Brasil. In: 54 International Federation for Housing Planning World Congress, 2010, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2010, v. único, p. 01-10.
- ANDRADE, L. M. S.; BLUMENSCHEN, R. N. Cidades sensíveis à água: cidades verdes ou cidades compactas, eis a questão? **Paranoá**, Brasília, n. 10, p. 59-76, 2013.
- BARBOSA, J. A.; BRAGANÇA, L.; MATEUS, R. Assessment of Land Use Efficiency Using BSA Tools: Development of a New Index. **Journal of Urban Planning and Development**, Taylor and Francis, v. 141, ed. 2, 2014a.
- BARBOSA, J. A.; BRAGANÇA, L.; MATEUS, R. New approach addressing sustainability in urban areas using sustainable city models. **International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development**, Taylor and Francis, v. 5, 4 ed., p. 297-305, 2014b.
- BRAGANÇA L.; MATEUS R.; KOUKKARI H. Perspectives of building sustainability assessment. In PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL CONFERENCE- Portugal SB' 07: Sustainable Construction, Materials and Practices, Lisboa, 2007. **Anais...** Amsterdam: IOS Press, 2007. p. 356-365.
- BRAGANÇA, L.; ARAÚJO, C.; CASTANHEIRA, G.; BARBOSA, J. A.; OLIVEIRA, P. Approaching sustainability in the built environment. In: INTERNATIONAL CONFERENCE SBI3 SEOUL - SUSTAINABLE BUILDING TELEGRAM TOWARD GLOBAL SOCIETY, Seoul-Korea, Jul.2013. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <[https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB\\_DC26535.pdf](https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC26535.pdf)>. Acesso em: 27 jan. 2016.
- ECOCHOICE; LFTC, Laboratório de Física e Tecnologia das Construções da Universidade do Minho. **Manual de Avaliação** Metodologia para Planejamento Urbano. Relatório Final do Projeto "SBTool PT STP – Ferramenta para a avaliação e certificação da sustentabilidade da construção", 2013.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (2011). **ISO 21929-1**: Sustainability in building construction - Sustainability indicators - Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings.
- MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBToolPT-H. **Building and Environment**, Taylor and Francis, v. 46, ed. 10, p. 1962-1971, 2011.
- SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental, teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

# Metodologia portuguesa de avaliação de sustentabilidade de áreas urbanas SBTool PT-PU

---

UNIVERSIDADE DO MINHO – PORTUGAL

Luís Bragança  
Erika Guimarães  
José Amarílio Barbosa  
Catarina Araújo

## Introdução

As cidades sofrem constantes alterações nos âmbitos físico, social e económico, pautadas pelas necessidades da sociedade que delas usufruem. Na atualidade, os ritmos de modificações impostos são cada vez mais frenéticos dadas as crescentes taxas de aumento populacional. O crescimento das populações urbanas leva a expansões das existentes malhas urbanas e transformações das áreas rurais, conduzindo a uma sucessão de alterações, algumas irreversíveis, ao meio ambiente natural (BARBOSA *et al.*, 2013). Além do impacte ambiental associado, de acordo com Barbosa *et al.* (2014a, 2014b), as constantes transformações do ambiente urbano levam a desequilíbrios profundos na qualidade de vida dos seus habitantes.

Devido ao acelerado processo de urbanização verificado no século XX, as cidades de hoje refletem esse crescimento rápido e desordenado, influenciando diretamente a demanda por recursos naturais e energia. O crescimento das taxas de urbanização, coincidentes com inevitáveis adensamentos populacionais, implicam em aumentos substanciais nas demandas por recursos materiais, água potável e fontes energéticas, e também na geração de resíduos sólidos e efluentes (BRAGANÇA *et al.*, 2013). Muitos modelos de gestão de infraestruturas urbanas internacionais apresentam forte dependência de fontes de energia não renováveis, há muito consolidada em países industrializados. Estudos demonstram que, a curto-prazo, o recurso aos combustíveis fósseis tende a aumentar, sobretudo em países emergentes, coincidindo com as respectivas taxas crescentes de urbanização e densidade populacional (BARBOSA *et al.*, 2014a, 2014b; BRAGANÇA *et al.*, 2013).

Deste modo, é urgente repensar as políticas e mecanismos de regulação existentes, através do estabelecimento de princípios relativos a questões ambientais, sociais e económicas. Para a produção de novos modelos de gestão urbana sob o ponto de vista sustentável, é necessário que se possa avaliar quantitativamente o nível de sustentabilidade das soluções propostas. Conforme defende Barbosa *et al.* (2013), a avaliação da sustentabilidade em áreas urbanas deve ser feita através da análise de critérios prioritários, que servirão de base para instrumentos de certifica-

ção das mesmas. Segundo o mesmo autor, esta iniciativa é fundamental para que se possam re-ferenciar ações de planeamento e gestão urbana com vista a um ambiente urbano sustentável.

Para além do espaço construído, a morfologia urbana abrange tudo aquilo que constitui o tecido urbano: o património edificado, as redes viárias, a estrutura verde e os espaços abertos (BRAGANÇA *et al.*, 2013). A geometria de uma cidade resulta da interação entre estes elementos, através da ação dos seus habitantes, do clima local, e dos sistemas que nela incidem. Deste modo, a análise do contexto urbano é muito mais complexa do que a de um edifício isolado, pois os espaços urbanos não se limitam ao conjunto de edifícios e infraestruturas que as compõem: são povoadas por pessoas, agitadas por movimentos pendulares e transformadas por dinâmicas socioeconómicas (BRAGANÇA *et al.*, 2013).

Tendo como base, dentre outras, a Metodologia Internacional SBtool, o Laboratório de Física e Tecnologia de Construções da Universidade do Minho (LFTC-UM) em parceria com a Ecochoice desenvolveu, no âmbito do projeto SBTool PT-STP (ECOCHOICE & LFTC-UM, 2013), uma proposta para aplicação da metodologia no âmbito do Planeamento Urbano. A vertente, denominada SBtool PT – PU, foi traçada de acordo com uma estrutura concebida para avaliar a sustentabilidade das operações de Planeamento Urbano. Devido ao seu âmbito específico de aplicação, sobretudo ao nível da escala, a metodologia de avaliação da sustentabilidade de operações de Planeamento Urbano não é baseada na metodologia análoga a edifícios (SBTool PT - H), desenvolvida anteriormente por Mateus & Bragança (MATEUS, 2011). Como diretrizes, foram seguidas diversas categorias, previamente definidas de acordo com as metodologias internacionais existentes.

Desta forma, o presente capítulo apresenta uma síntese da metodologia SBTool no âmbito do planeamento urbano. Inicialmente apresenta-se a metodologia, fazendo-se a definição da estrutura geral de avaliação. Em seguida, é feita a análise de resultados obtidos através da aplicação da metodologia a casos de estudo, da qual são retiradas as principais conclusões acerca do desempenho das áreas urbanas ao nível de diversas categorias de impacte. Por fim, procede-se à discussão relativa à avaliação da sustentabilidade promovida pela metodologia.

## Descrição da metodologia SBTool PT-PU

### Enquadramento geral e objetivos

A metodologia SBTool PT-PU aplica-se a projetos de áreas urbanas não abrangidos em Planos de Urbanização (PU) ou de Pormenor (PP), que possam eventualmente constituir Projetos de Interesse Nacional (PIN), sendo então alvo de execução de PP (ECOCHOICE & LFTC-UM). Os Planos de Pormenor são sujeitos à aprovação pelo respetivo município, podendo ser promovidos pelo sector privado em parceria com as autarquias locais, ou pelas próprias autarquias.

A avaliação enfoca de igual maneira o planeamento de novas áreas de cidade e as intervenções em áreas urbanas existentes, necessitadas de reabilitação ou requalificação. A certificação da área urbana é aplicável apenas ao projeto, onde identificam-se duas fases de avaliação possíveis: projeto preliminar e projeto detalhado. A importância da avaliação em fase de projeto preliminar é dada pela possibilidade de se estabelecerem as diretrizes necessárias para o planeamento de áreas urbanas sustentáveis.

Os objetivos gerais da metodologia de avaliação e certificação da sustentabilidade de operações de Planeamento Urbano são (ECOCHOICE & LFTC-UM, 2013):

- Melhorar a organização do espaço para a consolidação do tecido urbano;
- Garantir a preservação do meio ambiente e a melhoria da qualidade ambiental no meio urbano;
- Salvaguardar a qualidade de vida dos habitantes em meio urbano;
- Fomentar a competitividade económica no território;
- Promover a certificação da sustentabilidade do edificado.

A metodologia aqui descrita é original, tendo tido em consideração metodologias internacionais de avaliação e certificação da sustentabilidade de desenvolvimentos urbanos, anteriormente existentes no mercado destacando-se, em particular, o método internacional SBTool - Sustainable Building Tool - e a lista de indicadores SBTool Urban bem como as metodologias *BREEAM Communities* e *LEED for*

*Neighborhood Development*. A estrutura de avaliação da metodologia surge da análise às diferentes estratégias políticas (europeias, nacionais e internacionais) e aos indicadores de sustentabilidade. Cada metodologia analisada apresenta uma estrutura própria, organizada de maneira arbitrária segundo as diferentes áreas da sustentabilidade.

Desta forma, a metodologia SBTool PT-PU aplicada ao planeamento urbano apresenta aspectos transversais àquelas cujas principais características e aplicações serviram de base para a sua estruturação. Assim, à semelhança da lista SBTool Urban Indicators, a metodologia SBTool PT - PU consiste em um conjunto de indicadores de avaliação, agrupados em diversas categorias, divididas de acordo com a dimensão de sustentabilidade com a qual se relacionam: ambiental, social ou económica. Assim como preconiza o método internacional SBTool, os parâmetros de avaliação listados podem ser relacionados às diversas fases da “vida-útil” da área urbana (planeamento, ocupação e reutilização/reabilitação). Da mesma forma que a metodologia *BREEAM Communities*, o nível de sustentabilidade da área urbana avaliada é calculado através da soma das pontuações obtidas em cada um dos indicadores que compõem a metodologia. Importa também realçar que a abordagem da certificação *LEED for Neighborhood Development* também influenciou a criação de duas categorias adicionais, compostas por apenas um indicador cada, que representam pontos-extra a serem somados aos demais critérios de avaliação. Pretende-se deste modo premiar os projetos que contemplem os indicadores de sustentabilidade suplementares ali definidos.

### Estrutura de avaliação

A estrutura geral da metodologia consiste na hierarquia Dimensão>Categoria>Indicador (Tabela 2). Estão definidos 41 indicadores (11 a 141), divididos entre 14 categorias (das quais duas são relativas a pontos-extra) dentro de 3 dimensões principais. As dimensões estabelecidas, referentes aos três pilares da sustentabilidade, dividem as categorias em uma escala macro. As categorias por sua vez agrupam os indicadores consoante questões comuns, e podem também ser observadas sob a óptica da análise de ciclo de vida. Em cada uma delas estão identificadas as fases do ciclo de vida correspondente (Construção, Utilização, Demolição). de

acordo as Normas EN 15942 (BSI, 2011) e ISO 14044 (ISO, 1999). Por fim, os indicadores referenciam os impactos associados a aspectos específicos dentro da abrangência da respectiva categoria.

O impacto da zona urbana é avaliado por cada indicador consoante métodos de cálculo próprios, associados às unidades funcionais individuais. A pontuação fornecida representa o desempenho individual da área urbana no quesito em análise. A etapa posterior de avaliação da área urbana consiste em comparar o valor de sua classificação em cada quesito com os valores do desempenho de áreas urbanas de referência relativos aos mesmos quesitos. Tais áreas urbanas de referência aplicam práticas de excelência reconhecida dentro dos preceitos da sustentabilidade, e por isso representam *benchmarks*. A comparação é feita utilizando-se valores normalizados através da fórmula de *Diaz- Balteiro*, exemplificada na equação 1 (BRAGANÇA *et al.*, 2013).

$$\bar{P}_i = \frac{P_i - P_{i,l}}{P_{i,s} - P_{i,l}}$$

- $P_i$  é a classificação obtida no indicador  $i$ ;
- $P_{i,s}$  e  $P_{i,l}$  correspondem respectivamente aos resultados da prática convencional e da prática de referência (melhor prática) para o indicador  $i$ ;
- $\bar{P}_i$  é o resultado obtido normalizado.

O método de normalização converte os parâmetros em uma escala adimensional compreendida entre 0 (pior valor) e 1 (melhor valor). Por fim, o resultado normalizado em cada parâmetro é classificado de acordo com a graduação apresentada na tabela 1, consoante o valor final obtido.

**Tabela 1** Avaliação do parâmetro normalizado

| CLASSIFICAÇÃO | VALOR                        |
|---------------|------------------------------|
| A+            | $\bar{P}_i > 1,00$           |
| A             | $0,70 < \bar{P}_i \leq 1,00$ |
| B             | $0,40 < \bar{P}_i \leq 0,70$ |
| C             | $0,10 < \bar{P}_i \leq 0,40$ |
| D             | $0,00 < \bar{P}_i \leq 0,10$ |
| E             | $\bar{P}_i < 0,00$           |

Fonte ECOCHOICE & LFTC-UM, 2013.

Para se determinar a classificação correspondente ao desempenho total, os valores individuais obtidos são então adicionados através de um sistema de ponderação, no qual são atribuídos diferentes níveis de relevância dos indicadores, categorias e dimensões na formação da classificação final. Os pesos atribuídos a cada indicador são mostrados na tabela 2. A graduação utilizada para avaliar o desempenho individual em cada indicador é também adotada na avaliação do valor final do projeto.

Finda a avaliação, é constituído o certificado de sustentabilidade para o projeto. Além do resultado final obtido, o certificado apresenta os resultados parciais, de acordo com a configuração ilustrada na Figura 1.

### Aplicação a casos de estudo

Por forma a caracterizar a aplicação da metodologia e também verificar seu enquadramento enquanto ferramenta de análise, três projetos de requalificação urbana são descritos como casos de estudo. Os projetos selecionados referem-se à regeneração de áreas urbanas em três cidades europeias distintas (Parque das Nações, em Lisboa; *La Confluence*, em Lyon e Parque Olímpico Rainha Elizabeth, em Londres) e a avaliação ambiental dos mesmos foi objeto de estudo do trabalho desenvolvido por Castanheira & Bragança (2014).

Os projetos de requalificação urbana referem-se normalmente a áreas de vazios urbanos, como espaços devolutos e instalações industriais abandonadas. Em suas concepções, são utilizadas diretrizes de âmbito socioeconómico, ambiental e físico, de tal forma que se pode considerar este tipo de projetos como os de cariz mais sustentáveis dentro do domínio do planeamento urbano. De acordo com Castanheira & Bragança (2014), os projetos de regeneração urbana são responsáveis por diversos benefícios para o meio ambiente urbano, como reuso de solo, restauro da paisagem original, preservação de espaços verdes, redução no consumo energético e de recursos através do reuso de construções, incentivo a reutilização de equipamentos pela redução de investimentos em novas infraestruturas.

Os casos de estudo escolhidos apresentam características comuns na reabilitação de anti-

Tabela 2 Estrutura Geral de avaliação da metodologia SBTool PT – PU

| DIMENSÃO                    | PESO | CATEGORIA                           | PESO                               | INDICADOR |                                  | FASE CICLO DE VIDA* | PESO |
|-----------------------------|------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------|----------------------------------|---------------------|------|
| Ambiental                   | 50%  | Forma Urbana                        | 20%                                | I.1       | Planeamento Solar Passivo        | U                   | 34%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.2       | Potencial de Ventilação          | U                   | 33%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.3       | Rede Urbana                      | U                   | 33%  |
|                             |      | Uso do solo e Infraestrutura        | 15%                                | I.4       | Aptidões Naturais do Solo        | C, U                | 26%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.5       | Flexibilidade de Usos            | C, U                | 14%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.6       | Reutilização de Solo Urbano      | C                   | 23%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.7       | Reabilitação do Edificado        | C                   | 17%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.8       | Rede de Infraestruturas Técnicas | C, U                | 20%  |
|                             |      | Ecologia e Biodiversidade           | 20%                                | I.9       | Distribuição de Espaços Verdes   | U                   | 26%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.10      | Conectividade de Espaços Verdes  | U                   | 29%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.11      | Vegetação Autóctone              | C, U                | 29%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.12      | Monitorização Ambiental          | U                   | 16%  |
|                             |      | Energia                             | 15%                                | I.13      | Eficiência Energética            | U                   | 41%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.14      | Energias Renováveis              | U                   | 36%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.15      | Gestão Centralizada de Energia   | U                   | 23%  |
|                             |      | Água                                | 15%                                | I.16      | Consumo de Água Potável          | U                   | 40%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.17      | Gestão Centralizada da Água      | U                   | 40%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.18      | Gestão de Efluentes              | U                   | 20%  |
| Materiais e Resíduos        | 15%  | I.19                                | Impacte dos Materiais              | C, D      | 39%                              |                     |      |
|                             |      | I.20                                | Resíduos de Construção e Demolição | C, D      | 22%                              |                     |      |
|                             |      | I.21                                | Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos | U         | 39%                              |                     |      |
| Social                      | 30%  | Conforto exterior                   | 20%                                | I.22      | Qualidade do Ar                  | U                   | 23%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.23      | Conforto Térmico Exterior        | U                   | 32%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.24      | Poluição Acústica                | U                   | 18%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.25      | Poluição Luminosa                | U                   | 27%  |
|                             |      | Segurança                           | 10%                                | I.26      | Segurança nas Ruas               | U                   | 50%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.27      | Riscos Naturais e Tecnológicos   | U                   | 50%  |
|                             |      | Amenidades                          | 25%                                | I.28      | Proximidade a Serviços           | U                   | 37%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.29      | Equipamentos de Lazer            | U                   | 37%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.30      | Produção Local de Alimentos      | U                   | 26%  |
|                             |      | Mobilidade                          | 25%                                | I.31      | Transportes Públicos             | U                   | 35%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.32      | Acessibilidade Pedestre          | U                   | 30%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.33      | Rede de Ciclovias                | U                   | 35%  |
| Identidade Local e Cultural | 20%  | I.34                                | Espaços Públicos                   | U         | 42%                              |                     |      |
|                             |      | I.35                                | Valorização do Património          | C, U      | 26%                              |                     |      |
|                             |      | I.36                                | Integração e Inclusão Social       | U         | 32%                              |                     |      |
| Económica                   | 20%  | Emprego e Desenvolvimento Económico | 100%                               | I.37      | Viabilidade Económica            | U                   | 35%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.38      | Economia Local                   | U                   | 35%  |
|                             |      |                                     |                                    | I.39      | Empregabilidade                  | C, U                | 30%  |
| PONTOS EXTRA                | 5%   | Edifícios                           | 44%                                | I.40      | Edifícios Sustentáveis           | C, U                | 100% |
|                             |      | Ambiente                            | 56%                                | I.41      | Gestão Ambiental                 | C, U, D             | 100% |

Nota \* C – Fase de Construção; U – Fase de Utilização; D – Fase de Demolição

Fonte ECOCHOICE & LFTC-UM, 2013.



Figura 1 Design da classificação sustentável – Modelo de Certificado de Sustentabilidade SBToolPT-PU

# Certificado de Sustentabilidade

Nº Certificado: 011210HM



**SBTOOL** <sup>PT</sup>  
Iniciativa para a construção sustentável

---

**1 - IDENTIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO**
Foto (opcional principal)

**TIPO**  Edif. Habitação Unifamiliar  Edif. Habitação Multifamiliar

**MORADA / SITUAÇÃO**

Rua/Avenida/Prop: **Rua Pomar Dalgado**

Localidade: **Porto da Espada** Freguesia: **S. Salvador da Aramenha**

Concelho: **Marvão** Código Postal: **7330-339 S. Salvador da Aramenha**

Imóvel inscrito na: **—** Cins. do Reg. Predial de: **Portalegre**

Sobota nº: **—** Art. Matricial nº: **572 e 573**



---

**2 - ETIQUETA DE SUSTENTABILIDADE**

Desempenho ao nível de cada dimensão  
Nota Global (NG)

SBTOOL<sup>PT</sup>



| NG   | NA   | NS   | NE   |
|--|--|--|--|
| Nota Global                                  | Nota Ambiental                               | Nota Social                                  | Nota Económica                               |
| → Avaliação a nível de qualidade do ambiente | → Avaliação a nível de qualidade do ambiente | → Avaliação a nível de qualidade do ambiente | → Avaliação a nível de qualidade do ambiente |
| → Energia                                    | → Qualidade do ambiente                      | → Qualidade do ambiente                      | → Qualidade do ambiente                      |
| → Água                                       | → Qualidade do ambiente                      | → Qualidade do ambiente                      | → Qualidade do ambiente                      |



---

**3 - DESAGREGAÇÃO DO DESEMPENHO POR CADA CATEGORIA**

|           | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | Legenda                              |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------------------------|
| <b>A+</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |    | C1: Avaliação da qualidade ambiental |
| <b>A</b>  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | C2: Qualidade do ambiente            |
| <b>B</b>  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | C3: Energia                          |
| <b>C</b>  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | C4: Água                             |
| <b>D</b>  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | C5: Qualidade do ambiente            |
| <b>E</b>  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | C6: Qualidade do ambiente            |
|           |    |    |    |    |    |    |    |    |    | C7: Qualidade do ambiente            |
|           |    |    |    |    |    |    |    |    |    | C8: Qualidade do ambiente            |
|           |    |    |    |    |    |    |    |    |    | C9: Qualidade do ambiente            |

---

Nome do responsável pela emissão do certificado: *L. Bezerra*  
(Presidente da Direcção da IISBE PT)

Avaliador: **Ricardo Mateus**  
Data de emissão: **28/12/2010**

ENTIDADE SUPERVISORA



**IISBE**  
PORTUGAL

International Initiative  
for a Sustainable  
Built Environment

Fonte ECOCHOICE & LFTC-UM, 2013.

gas zonas industriais inativadas e degradadas, sendo considerados projetos sustentáveis pelas autoridades responsáveis e pela comunidade, em geral. Não é conhecida a utilização de metodologias de avaliação da sustentabilidade na concepção desses projetos de requalificação,

embora seja verificada a adoção de estratégias baseadas em princípios e conceitos adotados na metodologia SBTool PT-PU. Desta forma, através da aplicação da metodologia na avaliação destes projetos, ao mesmo tempo que se verifica a viabilidade da aplicação dos princípios e conceitos

adotados na metodologia SBTool PT-PU, avaliam-se as medidas adotadas e as boas práticas sustentáveis implícitas nos mesmos.

### Parque das Nações

Apesar de ser o projecto mais antigo (1993-2007), segundo Castanheira & Bragança (2014), o Parque das Nações representa um dos melhores exemplos de regeneração urbana a nível internacional, sendo o maior na escala nacional. Este projecto ambicioso, que surgiu com a candidatura da cidade de Lisboa para organizadora da última Exposição Mundial do século XX - EXPO'98, com o objetivo de regenerar uma degradada zona portuária industrial. A antiga área industrial obsoleta apresentava problemas de contaminação do solo por metais pesados e petróleo mas detinha grande potencial devido à proximidade do rio Tejo. O projecto abrangeu a reestruturação urbana, a reabilitação ambiental e as instalações de novos acessos, transportes, amenidades, serviços e infraestruturas.

### La Confluence

*La Confluence* é uma proposta contemporânea (2003-2016), que respeita o legado da região pela extensão do centro da cidade e regeneração de espaços públicos em um subúrbio industrial (CASTANHEIRA & BRAGANÇA, 2014). A área de implantação localiza-se no extremo sul da península central de Lyon, entre os rios Rhône e Saône. Este projecto visava a criação de generosos espaços públicos na promoção de acessibilidade a todos os cidadãos, garantindo a diversidade e integração social, o equilíbrio de funções e a sustentabilidade desta parte da cidade.

### Parque Olímpico Rainha Elizabeth

Conforme indica Castanheira & Bragança (2014), o projecto do Parque Olímpico Rainha Elizabeth comprova a experiência britânica em regeneração urbana, através de uma proposta conjunta de reabilitação e descontaminação da área de algumas das freguesias mais pobres de Londres. A área de intervenção fica a Leste do centro de Londres, em uma região detentora da maior taxa de desemprego do Reino Unido, caracterizada por ter poucos espaços abertos e isolada com acessos precários, limitada pelo rio Tamisa e por terrenos

abandonados. O objetivo do projecto era a recriação de uma infraestrutura pública capaz de propiciar emprego, habitação, educação e lazer, bem como desenvolver práticas desportivas, gerando assim benefícios a longo prazo para os habitantes da região (2005-2030).

### Resultados Obtidos

Dos 41 indicadores que compõem a metodologia SBTool PT-PU, foram analisados apenas 13: 5 da dimensão ambiental, 7 da dimensão social e 1 da dimensão econômica. A lista de indicadores avaliados e seus resultados, em conjunto com os valores de melhor prática, são apresentados na Tabela 3. A escolha dos indicadores foi baseada na disponibilidade de informação relevante na apresentação dos projectos. Além disso, os autores foram rigorosos na garantia de que as características dos indicadores estariam presentes em cada um projectos, de maneira a proporcionar uma comparação adequada entre eles (CASTANHEIRA & BRAGANÇA, 2014).

Na dimensão ambiental, considerando a reutilização de solo urbano, todos os projectos incluem o reuso e descontaminação de solo. Entretanto, o projecto de Lyon apresenta menor percentagem de descontaminação porque metade da área abrangida corresponde a uma área habitacional existente. Para o indicador de Reabilitação do Edificado, o projecto londrino não apresenta ações de preservação e reabilitação para os edifícios existentes uma vez que não há património histórico presente no local. A situação se repete para Lisboa, onde há apenas a reutilização de uma torre de uma antiga refinaria e recuperação de um aterro sanitário. Ao contrário, em Lyon destacam-se a quantidade de edifícios de valor histórico, de modo que práticas de reabilitação sustentável são reforçadas através da readaptação das construções para novos usos. Quanto aos Espaços Verdes, o projecto lisboeta apresenta a maior pontuação, embora os demais projectos contemplem os requisitos do indicador de forma mais espaçada.

O indicador referente a consumo de água potável, medido através de parâmetros quantitativo e qualitativo, foi parcialmente avaliado devida à falta de dados relevantes para a avaliação quantitativa.

De qualquer forma, em todos os projectos foram observados níveis equivalentes de práticas para redução do uso de água potável em espaços públicos. Na avaliação da Gestão de Efluentes, onde também são considerados parâmetros qualitativos e quantitativos, todos os projectos demonstraram preocupação com o tratamento de águas residuais e pluviais. Foram verificados o tratamento local das águas de reuso e a sua aplicação para irrigação dos espaços verdes.

Dentro da dimensão Social, a preocupação com a segurança dos pedestres é prioridade em todos os projectos, sobretudo no Parque Olímpico, onde são empregues os princípios de segurança no desenho da forma urbana. O desenho de zonas mistas conduzem a um monitoramento natural de actividades suspeitas, proporcionando segurança; caminhos pedonais atrativos incentivam o uso da caminhada ou da bicicleta e reduzem o recurso ao automóvel. Estes exemplos de práticas adoptadas nos projectos promovem segurança, bem como a saúde e o bem estar da comunidade. O acesso a alimentos produzidos localmente pode apenas ser avaliado através de atribuições qualitativas, devido a falta de informações relativas aos aspectos quantitativos. Este parâmetro não foi avaliado para o Parque das Nações por não se tratar de área destinada a este tipo de actividades. Já o projecto do Parque Olímpico distingue-se pela disponibilidade de estrutura adequada para os futuros residentes.

O transporte público foi um parâmetro muito valorizado pelos projectos de requalificação analisados. Uma vasta gama de modelos de transporte foi verificada, assim como grandes investimentos em infraestrutura para melhorar a qualidade ou criar novos meios de transporte, rotas e acessos. Assegurar o acesso pedestre também foi um dos princípios básicos respeitados por todos projectos através da previsão de ruas seguras e confortáveis. Entretanto, a segurança está mais perceptível no projecto do Parque Olímpico devido à consideração dos princípios de segurança no desenho da forma urbana. Todos os três projectos são provedores de redes de ciclovias adequadas às necessidades de residentes e turistas. Neste quesito, *La Confluence* se destaca pela qualidade superior das ciclovias que oferece.

Em relação à criação de espaços públicos, a análise dos dados dos três projectos mostra que grande parte das áreas de intervenção é destinada a criação de espaços públicos de qualidade, promovendo correctamente a identidade e o senso de comunidade locais. Ambos os projectos Parque Olímpico e *La Confluence* mostraram grande preocupação em promover a habitação social, o que configura importantes estratégias na promoção da integração e valorização cultural. Contudo, o projecto do Parque das Nações mostrou-se deficiente em apresentar alocação de habitações sociais e estratégias de promoção da participação comunitária.

Na dimensão Económica, dada a falta de informações relevantes, o requisito de Empregabilidade foi apenas avaliado de maneira qualitativa. Mais uma vez, o projecto de Londres mostrou os melhores resultados, confirmando a sua preocupação em resolver o grande problema da falta de emprego na região. O plano de ações apresentado, intitulado *London Employment Skills and Action Plan for 2012*, promoveu cursos profissionalizantes que propiciaram o emprego da mão de obra local também durante a fase de construção do projecto.

**Tabela 3** Desempenho Individual dos Casos de Estudo nos Indicadores Analisados

| INDICADORES                       | LONDRES | LISBOA | LYON |
|-----------------------------------|---------|--------|------|
| Reutilização de solo urbano       | A       | A      | B    |
| Reabilitação do Edificado         | D       | C      | B    |
| Espaços Verdes                    | C       | C      | C    |
| Consumo de Água Potável           | B       | B      | B    |
| Gestão de Efluentes               | B       | C      | B    |
| Segurança nas Ruas                | A       | A      | A    |
| Produção Local de Alimentos       | A       | D      | B    |
| Transportes Públicos              | A       | A      | A    |
| Acessibilidade Pedestre           | A       | A      | B    |
| Rede de Ciclovias                 | A       | A      | A    |
| Espaços Públicos                  | B       | B      | B    |
| Integração e Valorização Cultural | C       | D      | C    |
| Empregabilidade                   | A       | A      | B    |

Fonte: Castanheira & Bragança, 2014.

## Conclusões

Dadas as novas necessidades das cidades contemporâneas, a adoção dos princípios da Sustentabilidade é uma tendência internacional na produção de novos modelos de gestão urbana. Apesar disso, verifica-se a existência de muitos projectos ainda alheios a esta realidade, o que indica a necessidade de se investir em meios de avaliar a sustentabilidade das áreas urbanas, direccionando os novos projectos neste sentido.

Neste âmbito, destaca-se a importância das ferramentas de avaliação e certificação enquanto instrumentos de comparação entre as práticas adoptadas em soluções existentes. A metodologia SBTool PT-PU direccionada ao planeamento urbano distingue-se como sendo uma adaptação da ferramenta de avaliação original, alterando não apenas a área (do edificado para o urbano), como o foco da avaliação, considerando como referencial às melhores práticas. Esta mudança conceptual permite impulsionar sua aplicação e também melhorar a sustentabilidade do ambiente construído ao guiar os responsáveis pelos projectos (arquitectos, engenheiros, planeadores urbanos e políticos) através da definição de indicadores sustentáveis e da comparação de diferentes soluções.

A apreciação dos resultados obtidos na avaliação dos casos de estudo permitiu verificar que o SBTool PT-PU, embora ainda em fase de avaliação e validação pela associação iSBE Portugal, é uma metodologia adequada e de abrangência satisfatória para avaliar projectos de planeamento urbano. A ferramenta mostrou uma abordagem holística na avaliação da sustentabilidade e permitiu uma boa percepção do desempenho dos projectos propostos ao nível das categorias de impacto avaliadas.

## Referências

BARBOSA, J. A.; BRAGANÇA, L.; MATEUS, R. Assessment of Land Use Efficiency Using BSA Tools: Development of a New Index. **Journal of Urban Planning and Development**, Taylor and Francis, v. 141, ed. 2, 2014a.

BARBOSA, J. A.; BRAGANÇA, L.; MATEUS, R. New approach addressing sustainability in urban areas using sustainable city models. **International**

**Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development**, Taylor and Francis, v. 5, 4 ed., p. 297-305, 2014b.

BARBOSA, J. A.; BRAGANÇA, L.; MATEUS, R. Adapting SBTool PT to office buildings. **International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development**, Taylor and Francis, v. 4, ed. 1, 2013.

BRAGANÇA, L.; ARAÚJO, C.; CASTANHEIRA, G.; BARBOSA, J. A.; OLIVEIRA, P. Approaching sustainability in the built environment. In: INTERNATIONAL CONFERENCE SB13 SEOUL - SUSTAINABLE BUILDING TELEGRAM TOWARD GLOBAL SOCIETY, Seoul-Korea, Jul.2013. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <[https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB\\_DC26535.pdf](https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC26535.pdf)>. Acesso em: 27 jan. 2016.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). **EN 15942**: Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Communication format business-to-business. BSI, 2011.

CASTANHEIRA, G.; BRAGANÇA, L. The Evolution of the Sustainability Assessment Tool: From Buildings to the Built Environment. **The Scientific World Journal**, v. 2014, Article ID 491791, 10 pages, 2014.

ECOCHOICE; LFTC, Laboratório de Física e Tecnologia das Construções da Universidade do Minho. **Manual de Avaliação**: Metodologia para Planeamento Urbano. Relatório Final do Projeto "SBTool PT STP – Ferramenta para a avaliação e certificação da sustentabilidade da construção", 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO14044**: Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. ISO, 1999.

MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBToolPT-H. **Building and Environment**, Taylor and Francis, v. 46, ed. 10, p. 1962–1971, 2011.

# *Smart Grid* e o futuro das cidades

---

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – BRASIL

Daniela Pawelski

Amanda Loureiro Nascimento

Jussara Farias Fardin

Lucas Frizera Encarnação

Cristina Engel de Alvarez



## Introdução

O sistema atual de geração de energia no Brasil é majoritariamente proveniente de hidrelétricas como Itaipu (na fronteira entre o Brasil e o Paraguai) e Mascarenhas (em Minas Gerais), entre outras. Essa energia é comprada pelas distribuidoras que a revendem para o consumidor final. Esse sistema de geração de energia é dispendioso tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental e social e o longo percurso a ser vencido para trazê-la ao consumidor final aumenta consideravelmente seu valor, incluindo as perdas de energia neste percurso.

A rede de potência inteligente vem inovar a metodologia de produção, distribuição e consumo de energia através de um sistema de comunicação colocado sobre a rede de potência existente. As Informações obtidas sobre esse sistema e a forma de gestão destes dados são fundamentais para o uso ótimo da energia e o objetivo principal da inserção da *Smart Grid* nos centros urbanos.

Uma *Smart Grid* inserida nos centros urbanos é fundamental na criação das cidades inteligentes propiciando soluções urbanas em diferentes áreas tais como gestão e uso eficiente da energia, da água e dos resíduos, mobilidade, segurança, saúde e governabilidade. E, dentro de uma *Smart Grid*, a arquitetura inteligente das edificações e centros urbanos pode contribuir para humanizar esse

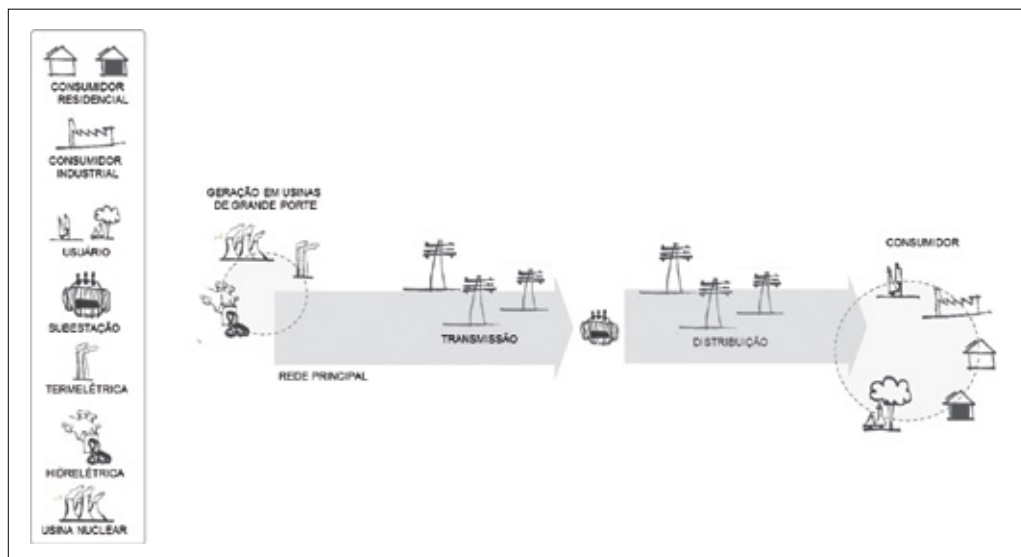
processo tornando-o interconectado com as atividades humanas, nas diversas escalas: do bairro e da cidade, do indivíduo e do coletivo. Variados são os pontos de conexão, tais como: uma iluminação projetada baseada no conforto, segurança e uso eficiente da energia, inclusive reduzindo perdas; o projeto de casas com formas e disposição eficientes energeticamente; entre outros. O desenho, o espaço, a forma e a função tornam-se componentes da rede inteligente.

Conectar a informação técnica contida nos dados com o cotidiano do cidadão e das cidades, trazendo benefícios como qualidade de vida, sustentabilidade dos recursos energéticos, e viabilidade econômica para essa nova forma de ver a cidade é o grande desafio das redes inteligentes e a arquitetura pode contribuir para a interação entre o cidadão urbano e a tecnologia da rede inteligente de potência, a *Smart Grid*.

### Smart Grid - conceitos

O sistema de energia elétrica tradicional baseia-se em grandes centrais geradoras de energia elétrica próximas às fontes combustíveis, como por exemplo as hidrelétricas e termoeletricas. A energia gerada é transmitida por extensas linhas de transmissão de alta tensão (AT), fazendo com que essa energia chegue ao sistema de distribuição e por fim aos consumidores, como mostra a Figura 1.

Figura 1 Sistema tradicional de energia elétrica



À medida que a demanda por energia continua a crescer, existe uma pressão para que a capacidade dos sistemas de geração, transmissão e distribuição seja expandida. Entretanto, a expansão desses sistemas requer investimentos significativos em construção de novos centros geradores, novas linhas de transmissão e distribuição, e inovações tecnológicas. Uma alternativa a esse problema é a utilização de geração de energia elétrica em pequena escala próxima ao consumidor, isto é, conectada à rede de distribuição existente. Esse tipo de geração é chamado de Geração Distribuída (GD).

O termo Geração Distribuída foi concebido com o intuito de diferenciar esse perfil de geração de energia daquele realizado em grandes centros, de forma convencional. Conforme Chowdhury, Crossley e Chowdhury (2009), a GD está relacionada a diversos benefícios, tais como:

- Utilização de fontes renováveis;
- Unidades menores de geração e próximas às cargas, o que implica em menores custos;
- Melhoria da eficiência energética por meio de redução de perdas;
- Aumento da confiabilidade e qualidade de energia.

Entretanto, de acordo com Rese (2012), existem também dificuldades técnicas e econômicas quanto à integração desta geração no sistema de distribuição, tais como:

- Maior complexidade dos sistemas de proteção;
- Variações de tensão na rede;
- Obrigatoriedade de desconexão das unidades de GD em caso de faltas na rede, impedindo que a GD atue de forma isolada.

O aumento da penetração de GD aumenta a necessidade de controle sobre o sistema de energia. Uma maneira de lidar com este problema é a setorização do sistema delimitando geograficamente regiões do sistema de energia composto por consumidores e GDs, regiões estas denominadas de Microrredes (MR). A microrrede pode ser definida como uma associação de cargas e microfones operando como um sistema único provendo energia elétrica

e/ou calor. Isto é, uma microrrede é essencialmente uma rede de distribuição ativa por ser um conjunto de sistemas de geração distribuída e diferentes cargas conectadas na faixa de tensão de distribuição. Para geração, as microfones comumente utilizadas são não-convencionais/renováveis como gás natural, biogás, células fotovoltaicas, células a combustível, energia eólica, microturbinas, etc. atuando no nível de tensão da rede de distribuição. Do ponto de vista operacional, a microrrede deve possuir equipamentos que garantam sua proteção e da rede de distribuição, além de tecnologias que permitam seu controle, garantindo uma operação estável ao manter a qualidade e quantidade de energia gerada especificadas (CHOWDHURY; CROSSLEY; CHOWDHURY, 2009).

A Figura 2 apresenta a estrutura básica de uma microrrede conectada a um sistema central. Esta microrrede é composta por várias fontes alternativas, tais como geradores eólicos, célula a combustível e painel fotovoltaico. Estão representados também os consumidores/produtores de energia, bem como os consumidores comuns. Nota-se que os consumidores/produtores de energia continuam conectados à rede principal.

Para permitir o controle e monitoramento desta nova estrutura de sistema de energia composto por fontes de energia intermitentes, como as provenientes do vento e do sol, de microrredes e de geração distribuída, surge o conceito de rede inteligente de energia elétrica. A *Smart Grid* permite a automação integrada e segura das redes, por meio de sistemas de medição, geração e armazenamento de energia distribuídos, de modo a permitir que a rede, através de análises e diagnósticos em tempo real, se reconfigure automaticamente para atender, de forma otimizada, às necessidades da sociedade e do sistema elétrico.

As redes inteligentes beneficiam tanto os consumidores quanto as concessionárias. Por meio de medidores inteligentes, os consumidores podem monitorar em tempo real o próprio consumo de energia. Já as concessionárias podem detectar facilmente possíveis fraudes como adulteração dos medidores e ligações clandestinas.

Os principais projetos de pesquisa e desenvolvimento em redes inteligentes apresentam natu-

Figura 2 Estrutura básica de uma microrrede

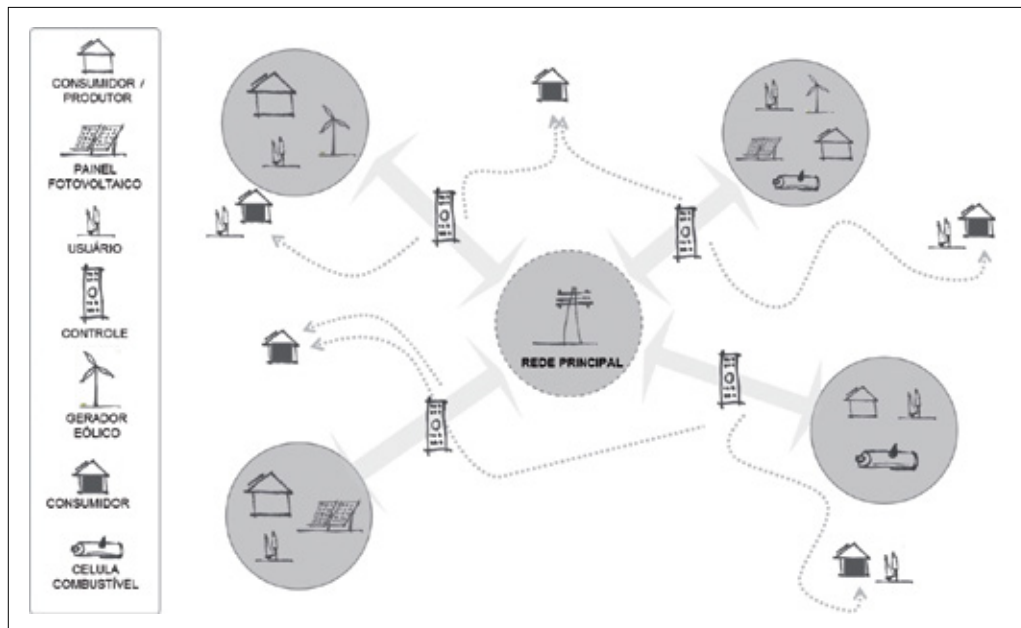
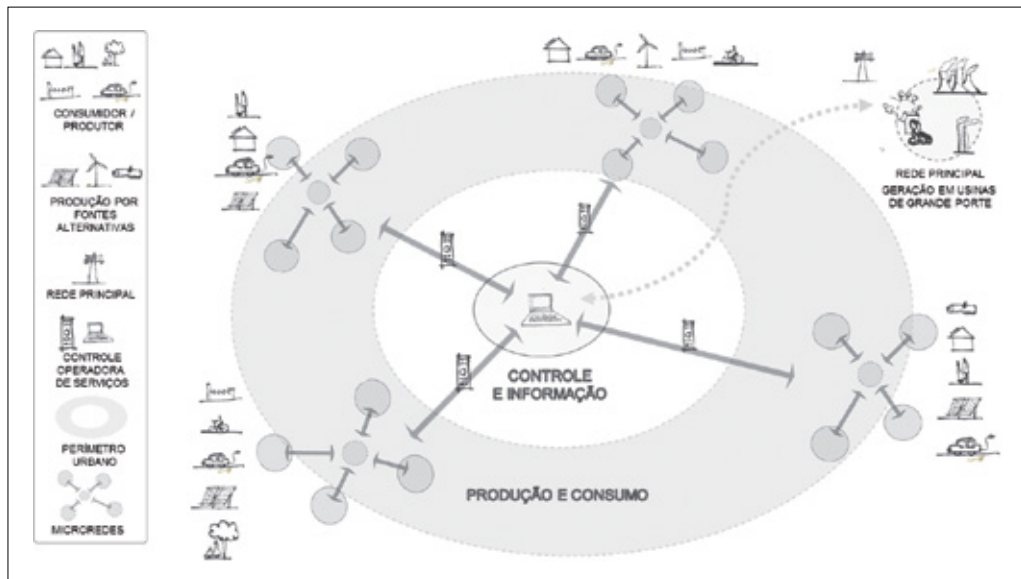


Figura 3 Estrutura básica de uma Smart Grid

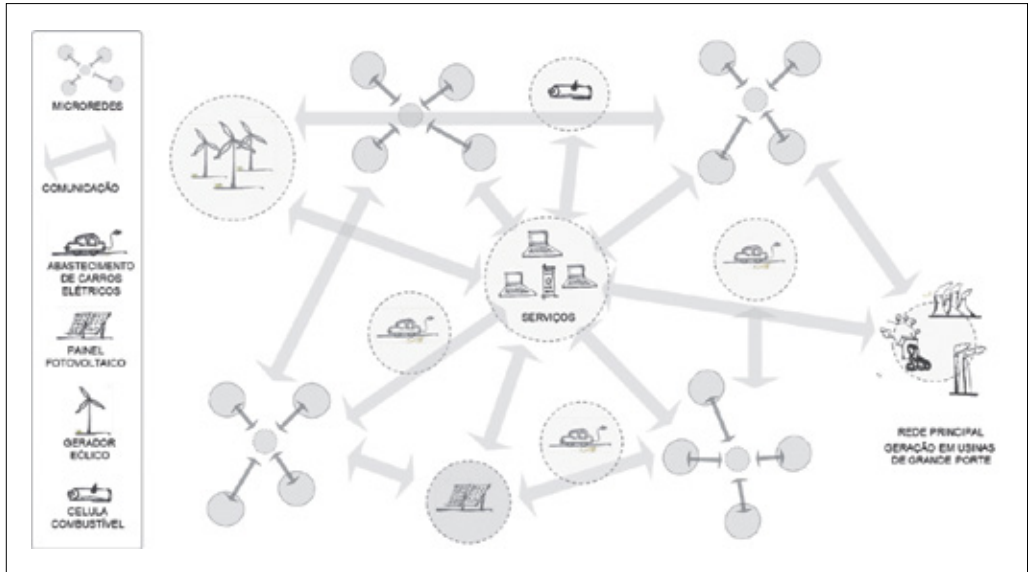


reza sistêmica. Isso quer dizer que não só tecnologias e funcionalidades pontuais são testadas, mas, principalmente, aplicações integradas de infraestrutura avançada de medição, automação avançada da rede de distribuição e infraestrutura

de telecomunicações (FALCÃO, 2010). A importância de novas tecnologias de informação, automação, monitoramento e sistemas eletrônicos inteligentes têm aumentado nos últimos anos. Desempenhando um papel fundamental para



Figura 4 Smart Grid no urbano



a resolução de desafios como a distribuição de energia barata e limpa com máxima eficiência, essas tecnologias são imprescindíveis à sociedade que quer ser sustentável.

Como definir o que seria uma *Smart Grid*? Existem várias definições para o termo, visto que se trata de um conceito relativamente novo. É possível definir *Smart Grid* como uma rede elétrica altamente digitalizada que coleta, distribui e atua em informações sobre o comportamento de todos os seus componentes para melhorar a eficiência, a confiabilidade, a economia e a sustentabilidade dos serviços de eletricidade. Isto é, com a aplicação de conceitos de tecnologia da informação (TI) no sistema elétrico, integra-se o sistema de comunicação e a infraestrutura de rede de dados à rede de energia elétrica.

A estrutura de uma *Smart Grid* engloba medidores inteligentes, geração distribuída, sistemas de comunicação bidirecionais, controle de dados, possibilidade de integração de energia renováveis, capacidade de tomar decisões a partir do diagnóstico dos dados, entre outras funcionalidades. Esse sistema deve ser capaz de detectar condições anormais de funcionamento da rede elétrica, enviar a informação para a central de controle de dados e tomar

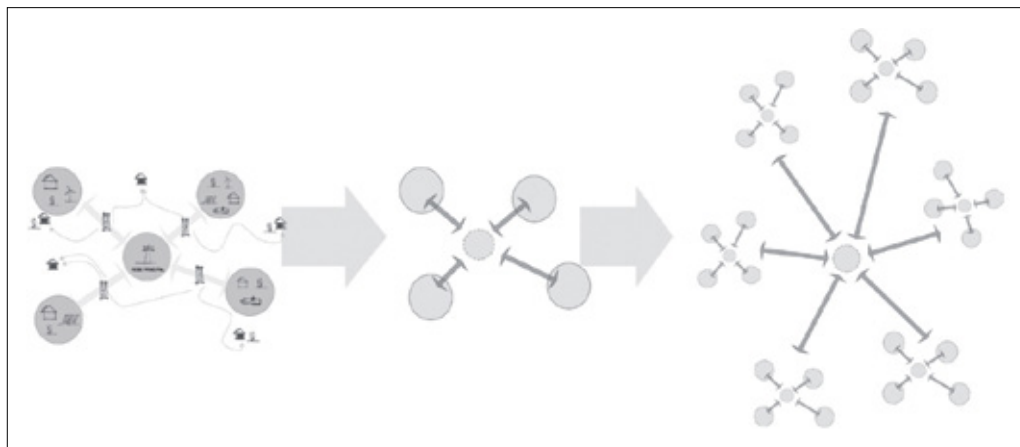
decisões solucionando automaticamente os distúrbios ocorridos. Dessa forma, a estrutura básica de uma *Smart Grid*, mostrado na Figura 3, aumenta a capacidade e flexibilidade da rede promovendo sensoriamento avançado e controle através das tecnologias de comunicação modernas.

### Arquitetura e *Smart Grid*

Neste contexto de redes inteligentes de energia elétrica, como a arquitetura se integra? A arquitetura pode contribuir na distribuição e organização dos agentes da rede inteligente participando do grau de inteligência através da otimização da disposição dos equipamentos tanto urbanos como tecnológicos, tais como o local da casa, do parque, da indústria, o traçado viário e a inserção de novos equipamentos. A arquitetura passa a ter a função adicional de considerar os conceitos de uma rede elétrica inteligente organizando uma nova cidade, contribuindo para humanizar esse processo e torná-lo interconectado com as atividades humanas nas suas diversas escalas (Figura 4).

A arquitetura pode organizar a forma e a função do aspecto individual das residências e edifícios bem como a ocupação do espaço coletivo, através das conexões das cidades na escala urbana. São

**Figura 5** Evolução das Microrredes no urbano



duas escalas de aplicação: a escala do indivíduo que se relaciona com o edifício; e a escala urbana, que contempla a cidade e o coletivo.

Existem vários níveis de inteligência nesta rede elétrica que dependem do aporte de medidores, controladores e avaliadores da informação instalados. Do ponto de vista arquitetônico pode-se afirmar que o desenho urbano, desde o trajeto do homem no cotidiano até o planejamento de crescimento da cidade, influencia diretamente na composição dos níveis de inteligência da rede que não estão somente baseados em equipamentos e controladores, mas em uma cidade preparada para receber estas informações.

Com esse olhar, a arquitetura urbana também pode interagir com a *Smart Grid* na escala individual ajudando na produção de energia elétrica de cada consumidor, através do uso do seu espaço privado. O planejamento arquitetônico agora inclui, por exemplo, os painéis fotovoltaicos nos telhados e contribui para o gerenciamento interno do consumo de energia elétrica se beneficiando assim das casas / arquiteturas inteligentes.

Para a rede elétrica inteligente cumprir seus objetivos os consumidores precisam aprender a utilizá-la e se dispor a participar deste sistema automatizado, vencendo o desafio do uso consciente da energia.

Na escala urbana em que as comunidades se unem e trabalham no coletivo com o potencial de cada grupo de indivíduos, o sistema torna-se mais confiável e eficiente. Isso se justifica pela existência de um grupo produtor local de energia com diversidade de fontes que podem ser fotovoltaica, eólica ou a partir de célula a combustível tornando esta comunidade não dependente somente da produção individual ou da distribuidora de energia. Pode-se então, na escala do bairro, ter uma ou mais microrredes compostas pelos agentes consumidores e produtores de energia, comunicando-se com outras microrredes, fornecendo energia entre elas e a rede elétrica principal criando uma rede urbana inteligente (Figura 5).

O desenho, o espaço, a forma e a função são variáveis que contribuem para a viabilização da *Smart Grid* proporcionando um espaço arquitetônico e urbanístico adequado, sendo o desenho um componente adicional desta rede. Estas variáveis configuram diversas possibilidades que propiciam diferentes desempenhos do espaço urbano e do próprio edifício (AMORIM, 2007).

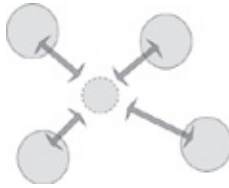
Na escala do edifício, aspectos como a envoltória, a orientação favorável das aberturas e o melhor aproveitamento da luz natural e dos ventos são fundamentais para o bom desempenho da edifi-

**Quadro 1** Evolução da rede elétrica**ESTAPAS DA EVOLUÇÃO**

*A rede de energia elétrica atual:* o sistema de distribuição de energia é feito através de postes e transformadores aéreos. Longos percursos de transmissão ligam as grandes centrais geradoras até o consumidor final. O sistema viário pode ser visto como delineador e definidor da rede de distribuição de energia.



*A setorização da rede de energia em microrredes:* o sistema de distribuição de energia é bidirecional incentivando o uso de energia autônoma. Ocorre a setorização dessa rede em microrredes criando nós urbanos de conexão entre as microrredes e a rede principal. O sistema viário e nós urbanos são vistos como indicadores da setorização do sistema de distribuição.



*As comunidades ativas na rede de energia:* comunidades produtoras e consumidoras de energia, utilizando a rede de energia principal para complementação do consumo. A malha urbana e geográfica como fator modelador da rede inteligente.



*A geração distribuída na rede de energia:* cada microrrede nas diversas comunidades apresentará um potencial de autonomia de uso e produção de energia. Estas microrredes pertencentes a diferentes comunidades comunicam-se entre si e redistribuem a energia elétrica obedecendo a um objetivo estabelecido. O desenho urbano já não qualifica mais a rede de distribuição.



cação. Já na escala urbana tem-se o desenho das ruas, a distância entre os prédios, a inserção de equipamentos urbanos de lazer, a iluminação e a produção de energia.

### A evolução da rede elétrica e o desenho urbano

O quadro 1 apresenta a síntese da evolução da rede elétrica em relação à configuração da malha urbana.

### Aspectos a considerar para uma comunidade energeticamente sustentável

Ao planejar o futuro das cidades do ponto de vista das *Smart Grids*, qual seria a contribuição da Arquitetura?

Adotando uma abordagem a partir da perspectiva do urbanismo, alguns aspectos inerentes às pequenas comunidades ou mesmo ao recorte territorial de um bairro, podem se transformar em características positivas para a implementação de estratégias visando a criação de uma comunidade energeticamente sustentável. Nesse sentido, foi realizado um ensaio propositivo a partir da escolha do bairro Manguinhos – município de Serra (ES) – visando estabelecer diretrizes que possam vir a ser replicadas em outras situações semelhantes.

### A escolha do lugar

Manguinhos é um balneário pertencente à Região Metropolitana da Grande Vitória (ES), caracterizado por possuir uma linha costeira recortada com pequena área de preservação de restinga linear. O seu traçado urbano ainda é formado por ruas de terra batida, com ocupação de baixa densidade e predominância de residências unifamiliares, normalmente de 1 ou 2 pavimentos (Figura 6). Assim, o sistema de distribuição elétrica é basicamente para residências ressaltando-se ainda que a iluminação pública não existe em todas as ruas.

A comunidade local caracteriza-se por promover ações visando a preservação da ambiência bucólica do balneário, compondo-se basicamente por moradores com boa formação cultural e poder aquisitivo que permite o deslocamento diário de cerca de 20 km de distância até a capital Vitória. Também existem os que adotam o local como segunda residência, utilizando-as especialmente nos finais de semana e feriados prolongados.

**Figura 6** Mapa de localização da comunidade de Manguinhos



Fonte Google Maps

O bairro é bem arborizado, com alguns equipamentos públicos – como creche, posto de saúde, centro comunitário, praça –, e muitos estabelecimentos comerciais voltados para o setor gastronômico, mas todos com a mesma tipologia e volumetria das casas.

Dentre as características da população de Manguinhos, destaca-se a tendência dos moradores de aceitarem de forma positiva a proposição de ideias inovadoras, desde que as mesmas não prejudiquem a qualidade do ambiente e tragam melhorias efetivas para o seu dia a dia. Os moradores são preocupados com a questão ambiental e formadores de opinião, influenciando os frequentadores desta região de turismo e lazer. A esperada receptividade desta comunidade a torna uma ótima opção para a implementação de uma *Smart Grid*.

Num primeiro momento de análise do potencial do lugar foi elaborado um zoneamento dos possíveis equipamentos e desenho da *Smart Grid* no traçado urbano real. Tal ensaio teve como principal finalidade, além de testar a efetiva disponibilidade física de viabilização, também servir como documento referencial de discussão junto à comunidade.

### A arquitetura a serviço da inteligência da rede elétrica

Quais seriam os parâmetros arquitetônicos a serem propostos para a construção de uma comunidade energeticamente sustentável sob a visão de uma rede inteligente de energia elétrica?

### Zoneamento do bairro

Para que uma edificação seja construída a partir dos conceitos básicos de sustentabilidade – e nesse caso, com especial ênfase para o desempenho ótimo – é necessário que os Planos Diretores definam seus zoneamentos e diretrizes urbanas considerando as necessidades das edificações de proverem sistemas individuais de geração de energia. Assim, a definição da altura e espaçamento das edificações, por exemplo, deve ser planejado visando o melhor aproveitamento energético do sol e do vento, bem como a efetiva contribuição individual na participação no coletivo da comunidade. Já nas áreas públicas, observa-se a necessidade de orientação sobre plantio de árvores e planejamento de sombreamento, gerenciando a necessidade de sombra e de sol nos espaços públicos que agora, além do lazer e manutenção do microclima, podem também contribuir para a produção de energia.

Saber usar o espaço urbano disponível considerando o planejamento de geração, distribuição e uso eficiente de energia inclui um nível de inteligência na rede elétrica que a arquitetura e o urbanismo podem oferecer ao buscar soluções que permitam a melhor integração das fontes geradoras nos espaços urbanos.

A capacidade de geração fotovoltaica de Manguinhos é inerente à volumetria de seus prédios: edifícios baixos com ampla área de telhados proporcionando um maior aproveitamento da recepção de

energia solar a ser transformada em energia elétrica. O contrário acontece quando existe a presença de arranha-céu projetando sombra sobre as edificações mais baixas e diminuindo a recepção de energia solar e conseqüentemente a capacidade de geração de energia elétrica. Portanto, considerando o fator volumétrico conclui-se que o perfil da cidade determina o seu potencial de utilização de energia solar, como pode ser visto na Figura 8 na qual as áreas transparentes representam as projeções de sombra.

### Equipamentos urbanos

Passam a ser equipamentos urbanos as denominadas “Eco Praças”, que são espaços públicos abrigo, num local destinado a lazer, esporte e vivência, estacionamentos com oferta de recarga de carros movidos a energia alternativa, além de uma central de controle das informações inerentes à produção e consumo energético daquela comunidade, incentivando o uso eficiente da energia elétrica e a formação de comunidades energeticamente eficientes.

As Eco Praças são pontos de encontro estabelecidas a partir do conceito de Urbanismo Sustentável servindo como exemplo de relação comunitária energeticamente eficiente para outras comunidades.

A existência e conformação destes novos espaços planejados no desenho urbano, evidencia a vocação de cada comunidade. Um bairro à beira mar com atração turística, lazer e espaço urbano catalizador de visitantes durante o dia, pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes alternativas provenientes do potencial energético da região, tais como geração eólica, fotovoltaica, biomassa e energia das ondas e das marés. Quando instalados em espaços públicos, tendem a proporcionar a integração entre a comunidade local, os visitantes e a tecnologia das redes inteligentes.

As Figuras 7 e 8 mostram a rede inteligente de forma esquemática passando a fazer parte do desenho urbano da comunidade. Na Figura 7 as microrredes setorizam algumas quadras propondo um desenho sinérgico das microrredes nesta comunidade, evidenciando assim como a rede inteligente deve se distribuir geograficamente nas ruas e eixos de Mangueiras. No segundo mapa, Figura 8, foram inseridas sugestões de equipamentos, localização de pequenas fontes produtoras de energia e zoneamento das áreas com potenciais diferenciados. O mapa fica mais complexo assim como a rede inteligente fica mais clara e visível.

Na escala da cidade, ao se abordar a parceria da arquitetura com a rede inteligente de energia elétrica, devem então ser consideradas as questões urbanísticas como o desenho do traçado urbano, a largura das ruas, a localização de equipamentos urbanos (praças, parques e vazios) e as questões arquitetônicas referentes à escala do edifício e sua inserção na cidade, como altura, materiais de acabamento e seus índices de refletância. Ao sobrepor essas informações obtém-se resultados e diretrizes para um planejamento otimizado da rede inteligente integrado ao cotidiano das cidades.

### Comentários

Este capítulo propõe o início de uma discussão sobre a arquitetura como um nível de inteligência da rede elétrica, a *Smart Grid*, tendo como foco o espaço urbano. Deseja-se entender qual é a intersecção da arquitetura e do desenho da cidade com o sistema de energia e assim contribuir com a integração do homem a esta nova rede elétrica humanizando esta relação e facilitando a aceitação da tecnologia das redes inteligentes de energia elétrica.

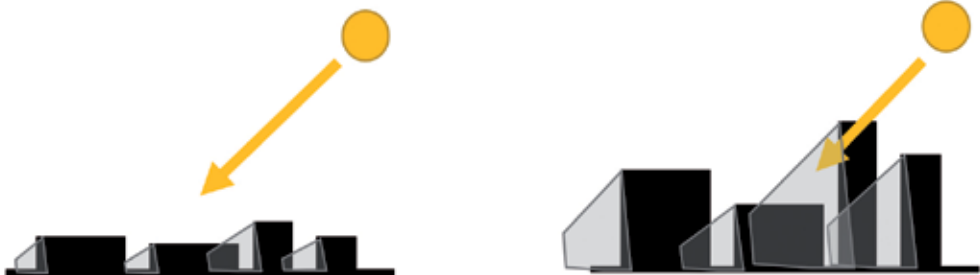


Figura 7 O perfil da cidade e o aproveitamento do potencial solarimétrico

Figura 8 Mapa da comunidade de Manguinhos e as microrredes



Figura 9 Rede inteligente da comunidade de Manguinhos



## Referências

AMORIM, C. N. D. Diagrama Morfológico: instrumento de análise e projeto ambiental com uso de luz natural. *Paranoá*, n. 3, p. 57-76, 2007.

CHOWDHURY, S. P.; CROSSLEY, P.; CHOWDHURY, S. **Microgrids and Active Distribution Networks**. 1ª Edição. Londres: Institution of Engineering and Technology, 2009.

FALCÃO, D. M. Integração de Tecnologias para Via-

bilização da Smart Grid. In: III Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE). *Anais...* Belém-PA: 18-21 Maio, 2010.

RESE, L. **Modelagem, análise de estabilidade e controle de microrredes de energia elétrica**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

# Cidades inteligentes: uma visão geral a partir de produções científicas

---

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – BRASIL

Daniel Oliveira Cruz

Marianne Faroni

Cristina Engel de Alvarez

João Luiz Calmon Nogueira da Gama

## Introdução

As primeiras cidades datam de 3000 anos AC e diferentemente de outros agrupamentos humanos, desempenhavam também funções administrativas, artesanais, comerciais e de segurança, além das funções agrícolas (SOARES, 2012).

A partir do século XVIII, o processo de urbanização se intensificou, com a maior oferta de trabalho nas cidades e mecanização do trabalho no campo, gerando um movimento de mão única (SAKUMA, 2014). Tal estágio de urbanização trouxe os primeiros desafios na vida urbana, tais como habitação, transporte, saneamento, educação, violência urbana, meio ambiente, centros habitacionais, comerciais, industriais, malha viária, as redes de distribuição de energia e água, redes de tratamento de esgoto, escolas e praças públicas (LE MOS, 2004). Tais necessidades são características da denominada Cidade Industrial.

A partir dos anos 70 do século passado, a informática cria um novo cenário cultural, denominada cibercultura (LEVY, 1993), configurando a Cidade Digital.

A cidade da informação e do conhecimento se estabelece nas décadas seguintes, de 80 e 90, com o surgimento de uma variada rede de oferta e serviços, tais como o *e-commerce*, *e-govern*, *e-learning*, *e-bank* (SAKUMA, 2014). "Os espaços híbridos combinam o físico e o digital num ambiente social criado pela mobilidade dos usuários conectados via aparelhos móveis de comunicação." (SOUZA E SILVA, 2006).

Segundo a ONU (2014) mais pessoas vivem em áreas urbanas do que nas áreas rurais, com 54 por cento da população do mundo residindo em áreas urbanas. Em 1950, 30 por cento da população do mundo estava no ambiente urbano e em 2050, projeta-se que 66 por cento da população do mundo será urbana (ONU, 2014).

A gestão, natureza e integração da infraestrutura urbana, agências, serviços, economia e bem-estar dos cidadãos, como vêm sendo preconizado

pela temática Cidade Inteligente (*Smart City*), possuem desdobramentos em diversas áreas de conhecimento, das tecnologias de informação à urbanização e tecnologias de construção.

As definições de cidade inteligente vêm sendo construídas ao longo do tempo e, apesar da sinergia multi e interdisciplinar, não convergem para um conceito único reconhecido, conforme demonstrado cronologicamente no Quadro 1.

Nesse contexto problematiza-se: qual o caminho que está sendo trilhado pela literatura científica quanto à temática "Cidades Inteligentes" (*Smart City*)? Há uma efetiva confluência dos conceitos para um foco comum?

Este trabalho se propõe a demonstrar o atual panorama em relação ao estado da arte da temática Cidades Inteligentes (*Smarts Cities*), abordando uma análise bibliométrica<sup>1</sup> de trabalhos científicos, que possibilite identificar caminhos e delinear estratégias para o desenvolvimento de estudos e pesquisas relevantes na área.

Foram reunidas publicações acadêmicas relacionadas ao tema *Smart City* com o uso da plataforma virtual "*Engineering Village*", que unifica o acesso a diversas bases de dados especializados que atendem às engenharias e áreas correlatas (Geociências, Física, Petróleo e Gás natural). Esta plataforma engloba as seguintes bases de literatura científica e patentes: Compendex®, Ei Patents, EnCompass Lit e EnCompass Pat, INSPEC®, NTIS, GeoRef, GeoBase®, PaperChem, Chimica, CBNB. Dentre os bancos de dados de indexação citados, foi utilizado o Compendex®, visto que é o único com acesso disponível. É importante destacar que esse banco de dados é o mais conceituado no campo da engenharia (MEIER & CONKLING, 2008).

O estudo analisou as produções científicas em termos do crescimento e distribuição anual do número de publicações, países e territórios, autores, tópicos e vocabulário controlado. As palavras-chaves utilizadas para a pesquisa foram

<sup>1</sup> O termo bibliometria foi utilizado pela primeira vez por Pritchard (1969) em substituição ao termo bibliografia estatística. A análise bibliométrica aplica a matemática e métodos estatísticos para quantificar os processos de comunicação escrita, incluindo uma série de procedimentos que abarcam a contagem e análise de padrões e dinâmicas em publicações científicas (PRITCHARD, 1969). A bibliometria vem sendo utilizada para revelar as tendências globais de investigação.



**Quadro 1** Definições de cidade inteligente construídas ao longo do tempo selecionadas por autores

| AUTOR  | DEFINIÇÃO  |
|--|--|
| Hall (2000)  | São aquelas que monitoram e integram as condições de operações de todas as infraestruturas críticas da cidade, atuando de forma preventiva para a continuidade de suas atividades fundamentais.  |
| Arup (2008)  | Cidade em que as costuras e as estruturas dos diversos sistemas urbanos são feitas de forma clara, simples, interativa, ágil e flexível, por meio da tecnologia e <i>design</i> contemporâneos.  |
| Kanter & Litow (2009)  | São aquelas capazes de conectar de forma inovativa as infraestruturas físicas e de TIC, de forma eficiente e eficaz, convergindo os aspectos organizacionais, normativos, sociais e tecnológicos a fim de melhorar as condições de sustentabilidade e de qualidade vida da população.  |
| Toppeta (2010)   | São aquelas que combinam as facilidades das TIC e da Web 2.0 com os esforços organizacionais, de <i>design</i> e planejamento, para desmaterializar e acelerar os processos burocráticos, ajudando a identificar e implementar soluções inovadoras para o gerenciamento da complexidade das cidades.   |
| Giffinger & Gudrun (2010)  | São aquelas que bem realizam a visão de futuro em várias vertentes – economia, pessoas, governança, mobilidade, meio ambiente e qualidade de vida –, e são construídas sobre a combinação inteligente de atitudes decisivas, independentes e conscientes dos atores que nelas atuam.   |
| Washburn <i>et al.</i> (2010)  | São aquelas que usam tecnologias computacionais inteligentes para tornar os componentes das infraestruturas e serviços críticos – os quais incluem a administração da cidade, educação, assistência à saúde, segurança pública, edifícios, transportes e utilitários – mais inteligentes, interconectados e eficientes.  |
| Dutta e Mia (2011)   | As cidades inteligentes têm foco em um modelo particularizado, com visão moderna do desenvolvimento urbano e que reconhecem a crescente importância das infraestruturas tecnológicas de comunicação (TICs) no direcionamento da competitividade econômica, sustentabilidade ambiental e qualidade de vida geral.   |
| Caragliu, Del Bo, Nijkamp (2011)   | Uma cidade inteligente se forma quando investimentos em capital humano e social, tradicional (transporte) e moderna TIC alimentam um crescimento econômico sustentável e priorizam a qualidade de vida, por meio de uma gestão sábia dos recursos naturais e de uma governança participativa.  |
| Schaffers <i>et al.</i> (2011);<br>Hernández- Muñoz <i>et al.</i> ,<br>(2011); Chourabi <i>et al.</i> (2012);<br>Cadena <i>et al.</i> (2012) | São aquelas que reconhecem a importância e se utilizam das TICs para alavancar competitividade econômica, promover suporte às ações de gestão ambiental e proporcionar melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.   |
| Nam & Pardo (2011)   | São aquelas que têm por objetivo a melhoria na qualidade dos serviços aos cidadãos.  |
| European Commition (2013)  | São sistemas de pessoas utilizando e interagando com materiais, serviços e financiamento, para catalisar um desenvolvimento econômico, sustentável, resiliente e um alto nível de vida. Estas interações tornam-se <i>smart</i> através de uma utilização estratégica das infraestruturas de informação e comunicação, em um processo de planificação e gestão urbana transparente que reage perante as necessidades sociais e econômicas da sociedade.                            |
| Cosgrave <i>et al.</i> (2013)  | Existem alguns fatores que contextualizam e restringem o atual patamar de desenvolvimento da temática, tais como o fato dos conceitos ainda estarem em sua infância, a natureza complexa da própria cidade, que é um enorme complexo e de sistema aberto, com muitos campos de força entrelaçamento influenciando sua forma simultânea (SEYTSUK, 2005); de existirem várias incógnitas quando lidam com o futuro e o fato das implicações a longo prazo ainda serem desconhecidas. |
| Celebreiros & Gulín (2014)   | São aquelas que prestam serviços de um modo diferente e mais eficiente com o objetivo de mantê-los e, inclusivamente, melhorá-los.   |
| Daros (2014)   | Desenvolvimento urbano inteligente e sustentável, visando à melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.  |

**Fonte** Weiss (2013), Daros (2014) e pesquisa dos autores

“*smart*” e “*city*”. Ambas deveriam conter simultaneamente nas publicações, podendo constar em qualquer um dos campos do documento. Na análise de dados dos tópicos e vocabulário controlado, os temas que possuem total relação com a Arquitetura e Urbanismo foram agrupados e analisados.

## Distribuição anual das publicações

A análise sobre a temática “Smart City” incluiu um total de 5256 publicações de 1974 a 2015. Até o ano de 2004 foram publicados 405 documentos, enquanto que no período contido entre 2005 e 2015, o número de publicações foi de 4851, o que representa 92,3% do número total dos trabalhos publicados.

As porcentagens referentes aos anos compreendidos entre 2005 e 2015 estão representadas na Figura 1. Os anos de 2013, 2014 e 2015 abrangem 49,2% de todas as publicações, sendo que a quantidade de documentos por ano é, respectivamente, 1061, 1251 e 273. É importante destacar que a pesquisa foi realizada no mês de junho do ano de 2015, não se podendo afirmar que houve uma diminuição das publicações em relação aos anos anteriores.

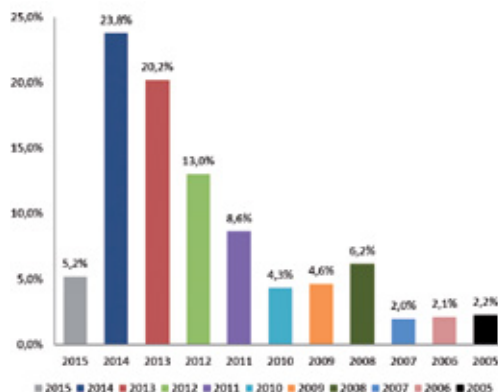
### Distribuição das publicações por países/territórios

As publicações sobre a temática “*smart city*” são distribuídas por 40 países. Os 20 países mais produtivos são mostrados na tabela 1. Entre os 20 principais encontram-se 7 países da Ásia, 9 países da Europa, 3 países da América e 1 país da Oceania. A China está classificada em primeiro lugar com 961 publicações, seguida pelos Estados Unidos, com 872 publicações. Juntos, os dois países somam 32% de todos os documentos publicados. Há uma diferença significativa entre o número de trabalhos de origem dos Estados Unidos, que ocupa a segunda colocação, para o terceiro colocado Hong Kong, de modo que a quantidade de publicações do primeiro é 2,68 vezes maior do que a do segundo. Na Figura 2 é representado um mapeamento das publicações científicas por países, categorizados quantitativamente. Os países com marcadores verdes são responsáveis por mais de 10% das publicações, enquanto que os marcadores amarelo e laranja representam, respectivamente, países que produziram entre 10% e 2,5%, e abaixo de 2,5% das publicações.

### Distribuição das publicações por autores

A base de dados Compendex não fornece dados de todos os autores, sendo que a pesquisa das publicações no tema limitou-se aos 60 principais. Os 20 autores mais produtivos são listados na Tabela 2, representam 10 países, e somam 360 trabalhos. O autor Wanggen Wan, da China, é classificado em primeiro lugar com um total de 55 documentos publicados, correspondendo a 15,3% dessas publicações. Dentre os 20 autores selecionados, o classificado na vigésima posição, Stamatis Karnouskos, é autor de 9 publicações, correspondendo a 2,5% dos documentos, aproximadamente 6 vezes menor do que o autor classificado em primeiro lugar.

**Figura 1** Distribuição anual de documentos publicados sobre o tema “Smart City” de 2005 a 2015



**Tabela 1** 20 países com maior quantidade de publicações sobre a temática “Smart City”

| PAÍSES / TERRITÓRIOS      | TOTAL DE PUBLICAÇÕES | % DO TOTAL DE PUBLICAÇÕES |
|---------------------------|----------------------|---------------------------|
| China                     | 961                  | 16,8%                     |
| Estados Unidos da América | 872                  | 15,2%                     |
| Hong Kong                 | 325                  | 5,7%                      |
| Itália                    | 322                  | 5,6%                      |
| Reino Unido               | 305                  | 5,3%                      |
| Espanha                   | 302                  | 5,3%                      |
| Japão                     | 264                  | 4,6%                      |
| Alemanha                  | 228                  | 4,0%                      |
| República da Coreia       | 210                  | 3,7%                      |
| França                    | 191                  | 3,3%                      |
| Austrália                 | 144                  | 2,5%                      |
| Irlanda                   | 143                  | 2,5%                      |
| Canadá                    | 133                  | 2,3%                      |
| Taiwan                    | 121                  | 2,1%                      |
| Grécia                    | 99                   | 1,7%                      |
| Índia                     | 84                   | 1,5%                      |
| Holanda                   | 72                   | 1,3%                      |
| Singapura                 | 71                   | 1,2%                      |
| Brasil                    | 64                   | 1,1%                      |
| Áustria                   | 62                   | 1,1%                      |

### Distribuição por tópicos

Em termos de tópicos discutidos por documentos sobre a temática, a pesquisa nos bancos de dados da Compendex revelou 40 assuntos principais, cuja somatória de citações é de 15459 vezes nas publicações, conforme mostra a Tabela 3. A coluna “% publicações” analisa a porcentagem de

**Figura 2** Mapeamento das publicações técnico científicas encontradas no Engineering Village, categorizadas quantitativamente em verde (acima de 10%), amarelo (entre 10 e 2,5%) e laranja (abaixo de 2,5%)



**Fonte** elaborado a partir do Google Maps Maker.

**Tabela 2** Os 20 autores mais produtivos na temática de estudo

| AUTORES                   | TOTAL DE PUBLICAÇÕES | % DE PUBLICAÇÕES | PAÍS                       |
|---------------------------|----------------------|------------------|----------------------------|
| Wan, Wanggen              | 55                   | 15,3%            | China                      |
| Yu, Xiaoqing              | 37                   | 10,3%            | China                      |
| Tse, Peter W.             | 37                   | 10,3%            | China                      |
| Obayya, Salah S. A.       | 17                   | 9,1%             | Egito                      |
| Chung, Henry Shu Hung     | 30                   | 8,3%             | China                      |
| Hameed, Mohamed Farhat O. | 21                   | 5,8%             | Egito                      |
| Muntean, Gabriel Miro     | 16                   | 4,4%             | Irlanda                    |
| Wang, Rui                 | 15                   | 4,2%             | China                      |
| Jara, Antonio J.          | 14                   | 3,9%             | Espanha                    |
| Xiong, Zhang              | 13                   | 3,6%             | China                      |
| Lee, Yong Woo             | 12                   | 3,3%             | Coreia do Sul              |
| Diamond, Dermot           | 11                   | 3,1%             | Irlanda                    |
| Wang, Xuzhi               | 10                   | 2,8%             | China                      |
| Supangkat, Suhono Harso   | 10                   | 2,8%             | Indonésia                  |
| Zhang, Wei                | 10                   | 2,8%             | China                      |
| Zhang, Ximin              | 9                    | 2,5%             | China                      |
| Wereley, Norman M.        | 9                    | 2,5%             | Estados Unidos             |
| Wang, Dong                | 9                    | 2,5%             | China                      |
| Karnouskos, Stamatis      | 9                    | 2,5%             | Alemanha, Malásia e Itália |

ocorrência do tópico no número de publicações totais, que é de 5256. O principal tópico mencionado nas pesquisas, "Software de Computador, manuseio e aplicação de dados", é correlato à área

de informática e comunicações, sendo citado em 1590 trabalhos indexados, o que equivale a 30,3% de todas as publicações sobre o tema e 10,3% dos tópicos mencionados.

**Tabela 3** Tópicos abordados nas publicações sobre *Smart City*

| TÓPICOS  | QUANTIDADE DE PUBLICAÇÕES | % DOS TÓPICOS | % PUBLICAÇÕES |
|--|---------------------------|---------------|---------------|
| Software de Computador, Manuseio e aplicações de dados                     | 1590                      | 10,3%         | 30,3%         |
| Telecomunicações, Radar, Rádio e Televisão                                 | 1253                      | 8,1%          | 23,8%         |
| Aplicações Informáticas  | 916                       | 5,9%          | 17,4%         |
| Comunicação Óptica   | 640                       | 4,1%          | 12,2%         |
| Matemática   | 618                       | 4,0%          | 11,8%         |
| Economia Industrial  | 613                       | 4,0%          | 11,7%         |
| Inteligência Artificial  | 597                       | 3,9%          | 11,4%         |
| Sistemas de telefonia e as tecnologias relacionadas; comunicações de linha | 584                       | 3,8%          | 11,1%         |
| Computadores e Sistemas Digitais   | 546                       | 3,5%          | 10,4%         |
| Transporte Rodoviário  | 448                       | 2,9%          | 8,5%          |
| Sistemas de computadores e equipamentos                                    | 440                       | 2,8%          | 8,4%          |
| Dispositivos de controle   | 393                       | 2,5%          | 7,5%          |
| Processamento de Dados e Processamento de Imagem                           | 354                       | 2,3%          | 6,7%          |
| Sistemas elétricos de potência   | 352                       | 2,3%          | 6,7%          |
| Química  | 342                       | 2,2%          | 6,5%          |
| Sistema de Controle  | 323                       | 2,1%          | 6,1%          |
| Gestão   | 317                       | 2,1%          | 6,0%          |
| Disseminação de Informática  | 303                       | 2,0%          | 5,8%          |
| Ciência da Informação  | 290                       | 1,9%          | 5,5%          |
| Prédios e Torres   | 284                       | 1,8%          | 5,4%          |
| Metais, Plásticos, Madeira e outros materiais estruturais                  | 266                       | 1,7%          | 5,1%          |
| Teoria da Informação e processamento de sinais                             | 248                       | 1,6%          | 4,7%          |
| Ciências Sociais   | 239                       | 1,5%          | 4,5%          |
| Planejamento e Desenvolvimento Urbano                                      | 236                       | 1,5%          | 4,5%          |
| Controle de Tráfego da estrada   | 232                       | 1,5%          | 4,4%          |
| Engenharia e Gestão Industrial   | 230                       | 1,5%          | 4,4%          |
| Sistemas de rádio e equipamentos   | 230                       | 1,5%          | 4,4%          |
| Transporte Ferroviário   | 222                       | 1,4%          | 4,2%          |
| Eletricidade: Conceitos Básicos e Fenômenos                                | 213                       | 1,4%          | 4,1%          |
| Técnicas de Otimização   | 208                       | 1,3%          | 4,0%          |
| Sistemas telefônicos e equipamentos  | 207                       | 1,3%          | 3,9%          |
| Ciência dos materiais  | 207                       | 1,3%          | 3,9%          |
| Resistência de Materiais de Construção; Propriedades Mecânicas             | 205                       | 1,3%          | 3,9%          |
| Projeto Estrutural   | 199                       | 1,3%          | 3,8%          |
| Conservação de Energia   | 192                       | 1,2%          | 3,7%          |
| Pesquisa de Engenharia   | 188                       | 1,2%          | 3,6%          |
| Acidentes e Prevenção de Acidentes   | 187                       | 1,2%          | 3,6%          |
| Instrumentos de medição elétricos e eletrônicos                            | 184                       | 1,2%          | 3,5%          |
| Luz / Ótica  | 182                       | 1,2%          | 3,5%          |
| Métodos Numéricos  | 181                       | 1,2%          | 3,4%          |

Os tópicos classificados em segundo e terceiro lugares, respectivamente "Telecomunicações, radar, rádio e televisão" e "Aplicações Informáticas", também são relacionados à informática e comunicações, e juntamente com o tópico disposto na primeira posição correspondem a 24,3% dos tópicos. O campo de estudo de informática e comunicações abordam 58,8% dos tópicos, seguido pela área de Engenharias com 30,5% e a área de Arquitetura e Urbanismo com 16,2%. Este último dado indica que o assunto ainda é pouco discutido no universo da arquitetura e urbanismo, nos permitindo concluir que a área ainda está "despertando" para a temática cidade inteligente.

Dentre os tópicos revelados pela pesquisa, os relacionados diretamente com a área de Arquitetura e Urbanismo são os listados na Tabela 4. Os valores da coluna "% dos tópicos" revelam o percentual em relação ao total de tópicos no campo de Arquitetura e Urbanismo. O assunto de maior relevância seria o de "Transporte Rodoviário", responsável por 21,9% dos tópicos em Arquitetura e Urbanismo, e presente

**Tabela 4** Tópicos relacionados à área de Arquitetura e Urbanismo

| TÓPICOS EM ARQUITETURA E URBANISMO                             | QUANTIDADE DE PUBLICAÇÕES | % DOS TÓPICOS | % PUBLICAÇÕES |
|--|---------------------------|---------------|---------------|
| Transporte Rodoviário  | 448                       | 21,9%         | 8,5%          |
| Prédios e Torres   | 284                       | 13,9%         | 5,4%          |
| Metais, Plásticos, Madeira e outros materiais estruturais      | 266                       | 13,0%         | 5,1%          |
| Ciências Sociais   | 239                       | 11,7%         | 4,5%          |
| Planejamento e Desenvolvimento Urbano                          | 236                       | 11,5%         | 4,5%          |
| Transporte Ferroviário   | 222                       | 10,8%         | 4,2%          |
| Ciência dos materiais  | 207                       | 10,1%         | 3,9%          |
| Resistência de Materiais de Construção, Propriedades Mecânicas | 205                       | 10,0%         | 3,9%          |
| Projeto Estrutural   | 199                       | 9,7%          | 3,8%          |
| Conservação de Energia   | 192                       | 9,4%          | 3,7%          |

em 8,5% das publicações, seguido do tópico "Prédio e Torres", que corresponde a 13,9% dos tópicos e 5,4% dos documentos publicados. Os tópicos "Metais, Plásticos, Madeira e outros materiais estruturais", "Ciência dos Materiais" "Resistência dos Materiais de Construção, Propriedades Mecânicas", que são relacionados aos materiais de construção, correspondem a 4,4% dos tópicos e surgem em 12,9% das publicações. É importante destacar que tais tópicos também podem ser relacionados às Engenharias.

### Distribuição das publicações por vocabulário controlado

A busca identificou os 40 Vocabulários Controlados<sup>2</sup> mais utilizados nas publicações sobre "Smart City", que foram abordados 6887 vezes nos documentos publicados. O vocabulário controlado "Comércio Eletrônico" foi o mais citado, estando incluído em 610 publicações, o que corresponde a 8,9% das abordagens estando presente em 11,6% do total de trabalhos indexados. O segundo vocabulário mais encontrado foi "Sistemas Inteligentes", que aparecem em 375 publicações, o que corresponde a 7,1% do total de documentos e 5,4% do total de vocabulários (Tabela 5).

A análise dos vocabulários controlados permitiu a seleção dos que são relacionados ao campo de pesquisa da Arquitetura e Urbanismo, que correspondem a 29,8% das abordagens, e são listadas na Tabela 6. O vocábulo "Redes de Energia Inteligentes" é o que possui o maior número de aparições em documentos (327), o que equivale a 6,2% do total de publicações e 4,7% dos vocabulários controlados abordados.

Os temas "Materiais Inteligentes" e "Simulações Computacionais" são classificados logo em seguida sendo citados, respectivamente em 235 e 185 documentos. É importante ressaltar que os números de publicações que abrangem as expressões "Simulação Computacional", "Projetos", "Eficiência Energética", "Computação Ubíqua" e "Desenvolvimento Sustentável" são próximos, compreendidos entre 185 e 168, que percentualmente representam uma variação de 2,7% a 2,1%.

<sup>2</sup> Vocabulário Controlado é uma lista de termos sobre determinado assunto usado para descrever o conteúdo de um documento da maneira mais específica e consistente possível (Engineering, acesso em 19 de agosto de 2015).

**Tabela 5** Vocabulário Controlado abordado nas publicações sobre *Smart City*

| VOCABULÁRIO CONTROLADO          | QUANTIDADE DE PUBLICAÇÕES | % DO VOCABULÁRIO | % PUBLICAÇÕES |
|---------------------------------|---------------------------|------------------|---------------|
| Comércio Eletrônico             | 610                       | 8,9%             | 11,6%         |
| Sistemas Inteligentes           | 375                       | 5,4%             | 7,1%          |
| Redes de Energia Inteligentes   | 327                       | 4,7%             | 6,2%          |
| Sensores                        | 287                       | 4,2%             | 5,5%          |
| Algoritmos                      | 255                       | 3,7%             | 4,9%          |
| Internet                        | 242                       | 3,5%             | 4,6%          |
| Materiais Inteligentes          | 235                       | 3,4%             | 4,5%          |
| Cartões Inteligentes            | 199                       | 2,9%             | 3,8%          |
| Tecnologia da Informação        | 190                       | 2,8%             | 3,6%          |
| Simulação Computacional         | 185                       | 2,7%             | 3,5%          |
| Otimização                      | 182                       | 2,6%             | 3,5%          |
| Dispositivos Móveis             | 177                       | 2,6%             | 3,4%          |
| Projetos                        | 177                       | 2,6%             | 3,4%          |
| Inteligência artificial         | 177                       | 2,6%             | 3,4%          |
| Eficiência Energética           | 173                       | 2,5%             | 3,3%          |
| Computação Ubíqua               | 170                       | 2,5%             | 3,2%          |
| Desenvolvimento Sustentável     | 168                       | 2,4%             | 3,2%          |
| Sistema de Comunicações sem fio | 161                       | 2,3%             | 3,1%          |
| Gestão da Informação            | 155                       | 2,3%             | 2,9%          |
| Utilização de energia           | 150                       | 2,2%             | 2,9%          |
| Transporte                      | 143                       | 2,1%             | 2,7%          |
| Sensores de Rede                | 139                       | 2,0%             | 2,6%          |
| Sensores de Rede sem fio        | 134                       | 1,9%             | 2,5%          |
| Automação                       | 128                       | 1,9%             | 2,4%          |
| Veículos elétricos              | 127                       | 1,8%             | 2,4%          |
| Tecnologia                      | 126                       | 1,8%             | 2,4%          |
| Planejamento Urbano             | 123                       | 1,8%             | 2,3%          |
| Construções Inteligentes        | 121                       | 1,8%             | 2,3%          |
| Pesquisa                        | 116                       | 1,7%             | 2,2%          |
| Smartfones                      | 116                       | 1,7%             | 2,2%          |
| Redes Sociais                   | 115                       | 1,7%             | 2,2%          |
| Internet das coisas             | 114                       | 1,7%             | 2,2%          |
| Comunicação                     | 107                       | 1,6%             | 2,0%          |
| Controle de Tráfego             | 105                       | 1,5%             | 2,0%          |
| Modelos Matemáticos             | 101                       | 1,5%             | 1,9%          |
| Tráfego Congestionado           | 100                       | 1,5%             | 1,9%          |
| Computação em nuvem             | 96                        | 1,4%             | 1,8%          |
| Monitoramento                   | 95                        | 1,4%             | 1,8%          |
| Sistemas Embebidos              | 93                        | 1,4%             | 1,8%          |
| Sistemas de Telefonia Móvel     | 93                        | 1,4%             | 1,8%          |

### Distribuição por domínios e dimensões

A pluralidade do conceito de é abordada por estudos que categorizam as áreas temáticas em diferentes domínios/dimensões, tangentes à te-

mática cidade inteligente. O Quadro 2 apresenta os domínios/dimensões tratados por dez autores. Destaca-se que o domínio “economia”, e algumas derivações como “economia sustentável” e “economia inteligente”, é o mais repercutido, sendo

**Tabela 6** Vocabulário Controlado nas áreas de Arquitetura e Urbanismo abordados nas publicações

| VOCABULÁRIO CONTROLADO        | QUANTIDADE | % DO VOCABULÁRIO | % PUBLICAÇÕES |
|-------------------------------|------------|------------------|---------------|
| Redes de Energia Inteligentes | 327        | 4,7%             | 6,2%          |
| Materiais Inteligentes        | 235        | 3,4%             | 4,5%          |
| Simulação Computacional       | 185        | 2,7%             | 3,5%          |
| Projetos                      | 177        | 2,6%             | 3,4%          |
| Eficiência Energética         | 173        | 2,5%             | 3,3%          |
| Computação Ubíqua             | 170        | 2,5%             | 3,2%          |
| Desenvolvimento Sustentável   | 168        | 2,4%             | 3,2%          |
| Transporte                    | 143        | 2,1%             | 2,7%          |
| Automação                     | 128        | 1,9%             | 2,4%          |
| Planejamento Urbano           | 123        | 1,8%             | 2,3%          |
| Construções Inteligentes      | 121        | 1,8%             | 2,3%          |
| Tráfego Congestionado         | 100        | 1,5%             | 1,9%          |

**Tabela 7** Publicações por autor sobre o domínio / dimensão "economia"

| AUTORES                       | TOTAL DE PUBLICAÇÕES DO AUTOR | PUBLICAÇÕES SOBRE O DOMÍNIO "ECONOMIA" | % EM RELAÇÃO AO TOTAL DE PUBLICAÇÕES |
|-------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------------------|
| Bieser (2013)                 | 106                           | 11                                     | 10%                                  |
| Vienna (2007)                 | 33                            | 7                                      | 21%                                  |
| Mattoni (2015)                | 33                            | 6                                      | 18%                                  |
| IESE (2015)                   | 72                            | 6                                      | 8%                                   |
| Barcelona (2013)              | 14                            | 5                                      | 36%                                  |
| Neirotti <i>et al.</i> (2014) | 27                            | 4                                      | 15%                                  |
| Transform (2013)              | 35                            | 3                                      | 9%                                   |

citado por sete dos autores. Seis autores atribuem valores às dimensões "mobilidade", "governança", e "meio ambiente", e termos correlatos. O terceiro domínio mais abordado é "energia", sendo categorizado por cinco dos autores.

O autor Weiss (2013) é o que categoriza o conceito de "smart city" em maior número de domínios (18), seguido por Bieser (2013), que associa o tema a 17 dimensões. Nam *et al.* (2011) e IBM (2015) sintetizam o conceito em menor número de categorias (3), sendo que aquele condensa nos assuntos "tecnologia, institucional e humano", e este sugere a abrangência dos termos "infraestrutura, planejamento e gerenciamento, e capital humano".

Quanto aos domínios e dimensões relacionados diretamente com a arquitetura e urbanismo, pode-se citar: "edifícios" (ou "edifícios e espaços") e "infraestrutura", ambos associados por dois autores; "planejamento urbano", abrangido por

apenas um autor; e os domínios "energia" e "mobilidade", já citados.

De acordo com a Tabela 7, dentre os autores que consideram a dimensão "economia", o que mais se destaca em número de publicações é Bieser (2013), com 11 documentos sobre o tema, o que representa 10% do número total dos documentos de sua autoria, seguido por Vienna (2007), com 7 publicações representando 21% do total de publicações (33).

## Discussões

Este estudo extraiu informações de estudos publicados no período de 1974 a 2015, e em algumas abordagens com recorte no espaço temporal compreendido entre 2005 e 2015, a partir de cinco perspectivas diferentes. É notório que a temática "Cidades Inteligentes" é amplamente estudada por vários campos de estudos, não se limitando à Arquitetura e Urbanismo, com maior densidade

**Quadro 2** Domínios e dimensões de estudo das *Smart Cities*

| AUTOR             | DOMÍNIOS E DIMENSÕES  | AUTOR                  | DOMÍNIOS E DIMENSÕES   |
|-------------------|---|------------------------|--|
| Vienna (2007)     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Economia inteligente</li> <li>2. Governança inteligente</li> <li>3. Meio ambiente inteligente</li> <li>4. Pessoas inteligentes</li> <li>5. Mobilidade inteligente</li> <li>6. Vida inteligente</li> </ol>   | Neirotti et al. (2014) | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recursos Naturais e Energia</li> <li>2. Transportes e mobilidade</li> <li>3. Edifícios</li> <li>4. Qualidade de vida</li> <li>5. Governo</li> <li>6. Economia E Pessoas</li> </ol>   |
| Nam et al. (2011) | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tecnologia</li> <li>2. Institucional</li> <li>3. Humano</li> </ol>  | IBM (2015)             | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Infraestrutura</li> <li>2. Planejamento e Gerenciamento</li> <li>3. Capital Humano</li> </ol>  |
| Barcelona (2013)  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Governança Inteligente</li> <li>2. Vida Inteligente</li> <li>3. Economia Inteligente</li> <li>4. Pessoas Inteligentes</li> </ol>  | Mattoni (2015)         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mobilidade</li> <li>2. Energia</li> <li>3. Meio Ambiente</li> <li>4. Comunidade e a Economia</li> </ol>  |
| Transform (2013)  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Integração do Sistema de Recursos</li> <li>2. Acesso a serviços energéticos</li> <li>3. Resiliência</li> <li>4. Eficiência Energética</li> <li>5. Energia Renovável</li> <li>6. Economia Sustentável</li> <li>7. Governança Inteligente</li> <li>8. Usuários ativos e engajados</li> </ol>  | IESE (2015)            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Capital Humano</li> <li>2. Coesão Social</li> <li>3. Economia</li> <li>4. Gestão Publica</li> <li>5. Governança</li> <li>6. Mobilidade e o Transporte</li> <li>7. Meio Ambiente</li> <li>8. Planejamento Urbano</li> <li>9. Alcance Internacional</li> <li>10. Tecnologia</li> <li>11. <i>Country Cluster</i> (atratividade do país)</li> </ol>  |
| Weiss (2013)      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Informações Gerenciais</li> <li>2. Conformidade e Riscos</li> <li>3. Finanças</li> <li>4. Ativos e Suprimentos</li> <li>5. Serviços Digitais a Comunidade</li> <li>6. Centro Integrado de Operações</li> <li>7. Saúde</li> <li>8. Segurança</li> <li>9. Educação</li> <li>10. Informações</li> <li>11. Suporte e Ouvidoria</li> <li>12. Mobilidade</li> <li>13. Transportes</li> <li>14. Energia</li> <li>15. Água e Saneamento</li> <li>16. Meio Ambiente</li> <li>17. Edifícios e Espaços</li> <li>18. Resíduos e Lixo</li> </ol> | Bieser (2013)          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pessoas</li> <li>2. Economia</li> <li>3. Governança</li> <li>4. Meio Ambiente</li> <li>5. Vida</li> <li>6. Mobilidade</li> <li>7. Infraestrutura</li> <li>8. Governo</li> <li>9. Saúde</li> <li>10. Educação</li> <li>11. Energia</li> <li>12. Serviços Sociais</li> <li>13. Política</li> <li>14. Segurança</li> <li>15. Tecnologia</li> <li>16. Água</li> <li>17. Organização</li> </ol> |

nas áreas de informática e comunicação. O crescimento das publicações nos últimos anos sugere o aumento das pesquisas dessa temática, não só em número de artigos, mas em diversificação de áreas temáticas.

Ao que tange às definições encontradas, a considerada mais abrangente refere-se à proposta pelo EUROPEAN COMMITION (2013), por comportar conceitos amplos e inclusivos dos tratados na cidade inteligente. Para tanto, a partir de tal definição, o trabalho presente define a cida-

de inteligente como sendo um território urbano cujos fluxos de gestão transparente e participativa convergem à integração das diversas dimensões da sustentabilidade como cultura, política, economia, meio ambiente, cultural, sociedade, urbanidade, etc, por meio do uso de tecnologias de informação e comunicação.

A análise bibliométrica revelou que os países da Ásia, Europa e América (essencialmente América do Norte) produzem um maior número de documentos científicos referentes ao tema Ci-



dades Inteligentes. Assim, é evidente o déficit no desenvolvimento das produções de países da África, América Latina e Oceania. A análise ainda demonstra que uma porcentagem pequena de autores contribui para a maioria dos estudos sobre o assunto.

No Brasil a pesquisa sobre o tema é sutil, quando comparado aos países da América do Norte. Entretanto, o Brasil é o único país da América Latina abrangido na classificação dos 20 países mais produtivos do mundo, em se tratando de cidades inteligentes.

Quanto às publicações relacionadas à Arquitetura e Urbanismo, percebe-se a necessidade de fomentar as pesquisas da temática neste campo de atuação, considerando principalmente que, na análise por vocabulário controlado, somente 16,2% das referências consultadas são inerentes à área. A categorização da temática por domínios corrobora que as dimensões diretamente relacionadas à arquitetura e urbanismo são pouco significantes em relação a outras temáticas.

Existem algumas limitações neste estudo, especialmente considerando o âmbito do processo de pesquisa, visto que foi utilizada uma única base de dados (Compendex®), por ser a única disponível na plataforma "Engineering Village". É importante destacar que foram detectadas algumas inconsistências na pesquisa, como, por exemplo, o encontro dos termos "Smart" e "City" de maneira separada em um mesmo documento. Outra abordagem apropriada seria a comparação entre o número de trabalhos científicos e índices socioeconômicos dos países.

## Referências

- ANDERLE, D. F. & JUNIOR, V. F. **A Utilização da Tecnologia da Informação nas Smart Cities** – um Estudo Bibliométrico, Instituto Federal Catarinense, s.d.
- ARUP. **Smart Cities**: Transforming the 21st century city via the creative use of technology, June 2011, pág 8. Disponível em: <www.arup.com>. Acesso em: 27 jan. 2016.
- CADENA, A.; DOBBS, R.; REMES, J. The growing economic Power of cities. **Journal of International Affairs**, New York, v. 65, n.2, p. 1-17, 2012.
- CARAGLIU, A.; DEL BO, C. D.; KOURTIT, K.; NIJKAMP, P. Smart Cities. **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences** (2nd), Elsevier, Oxford, p. 113-117, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.74017-7>.
- CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart cities in Europe. **Journal of Urban Technology**, Elsevier B.V, v. 18, n. 2, p. 65-82, 2011.
- CEBREIROS, J.; GULÍN, M. P. **Guia Smart Cities "Cidades com Futuro"**: agenda digital local Galicia-Norte Portugal. Eixo Atlântico do Noroeste Península: 2014.
- COSGRAVE, E.; ARBUTHNOT K.; TRYFONAS, T. Living Labs, Innovation Districts and Information Marketplaces: A Systems Approach for Smart Cities. **Proceedia Computer Science**, v. 16, p. 668-677, 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2013.01.070.
- CHOURABI, H.; NAM, T.; WALKER, S.; GIL-GARCIA, J. R.; MELLOULI, S.; NAHON, K.; PARDO, T.; SCHOLL, H. J. Understanding smart cities: An integrative framework. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCE (HICSS), 45, Maui-HI, 2012. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <https://www.ctg.albany.edu/publications/journals/hicss\_2012\_smartcities/hicss\_2012\_smartcities.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2016.
- DAROS, C.; KISTMANN, V. B.; ZAINA, T. Z. Contribuição do Design para as Smart Cities. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 11, Gramado-RS, v. 1, n. 4, p. 2603-2614, dez. 2014. **Anais...** São Paulo: Blucher, 2014.
- DUTTA, I. S.; MIA, I. **The Global Information Technology Report 2010 – 2011**. V. 24. Geneva: SRO-Kundig, 2011.
- ENGINEERING Village. Help. **Compendex and Engineering Index Backfile search fields**. Disponível em: <http://help.engineeringvillage.com/Engineering\_Village\_Help\_Left.htm#CSHID=search\_fields\_avail\_by\_database.htm|StartTopic=Content%2Fsearch\_fields\_avail\_by\_database.htm|SkinName=svs\_evillage>. Acesso em: 18 ago. 2015.
- EUROPEAN COMMISSION. **European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities, Strategic Implementation Plan, 2013**. Disponível em: <http://ec.europa.eu/eip/smartcities/files/sip\_final\_en.pdf>. Acesso em: maio 2015.
- HALL, R. E. The vision of a smart city. In: INTERNATIONAL LIFE EXTENSION TECHNOLOGY

- WORKSHOP, 2., Paris, 28 set. 2000. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/773961-oyxp82/webviewable/773961.pdf>>.
- HERNÁNDEZ-MUÑOZ, J. M.; VERCHER, J. B.; MUÑOZ, L.; GALACHE, J. A.; PRESSER, M.; GÓMEZ, L. A. H.; PETERSSON, J. Smart cities at the forefront of the future internet. In: DOMINGUE, J., GALIS, A., GAVRAS, A., ZAHARIADIS, T., LAMBERT, D., CLEARY, F., DARAS, P., KRKO, S., MÜLLER, H., LI, M.-S., SCHAFFERS, H., LOTZ, V., ALVAREZ, F., STILLER, B., KARNOUSKOS, S., AVESSTA, S., NILSSON, M. (Eds.). **The Future Internet**. Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 447-462.
- IBM. **Mayors of the world, may we kindly have 540 words with you?** 2012. Disponível em: <[http://www.ibm.com/smarterplanet/global/files/us\\_en\\_us\\_cities\\_city\\_leaders\\_ws.pdf](http://www.ibm.com/smarterplanet/global/files/us_en_us_cities_city_leaders_ws.pdf)>. Acesso em: Maio 2015.
- KANTER, R. M.; LITOW, S. S. **Informed and interconnected: A manifesto for smarter cities.** Harvard Business School General Management Unit Working, paper nº 09-141. 2009. Disponível em: <<http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract-id=1420236>>. Acesso em: 27 jan. 2016.
- LEMONS, A. Cidadeciborgue: a cidade na cibercultura. **Galaxia**, nº 8, p. 129-148, out. 2004.
- LÉVY, P. **As Tecnologias da inteligência o futuro do pensamento na era da informática.** Tradução: Carlos Irineu da Costa. 1 ed., 10 reimp. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.
- MATTONI, B.; GUGLIERMETTI, F.; BISEGNA, F. A multilevel method to assess and design the renovation and integration of Smart Cities. **Sustainable Cities and Society**, v. 15, p. 105-119, jul. 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670714001371>>.
- MEIER, J.; CONKLING, T. W. Google Scholar's Coverage of the Engineering Literature: An Empirical Study. **Journal of Academic Librarianship**, v. 34, n. 3, p. 196-201, 2008.
- NAM, T.; PARDO, T. A. Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions. In: ANNUAL DIGITAL GOVERNMENT RESEARCH CONFERENCE, 12., 2011, College Park, Maryland - EUA. **Anais...** College Park: University of Maryland College Park, 2011. p. 282-291
- SAKUMA, A. T.; VENTURA, M. S. Cidades Inteligentes: conceito, modelo e estratégia de desenvolvimento. In: CONGRESSO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO DA REGIÃO SUDESTE - INTERCOM SUDESTE 2014. 19. Vila Velha. **Anais...** Vila Velha - ES: 2014.
- SCHAFFERS, H., KOMNINOS, N., PALLOT, M., TROUSSE, B., NILSSON, M.; OLIVEIRA, A. Smart Cities and the Future Internet: Towards Cooperation Frameworks for Open Innovation. In: DOMINGUE, J., GALIS, A., GAVRAS, A., ZAHARIADIS, T., LAMBERT, D., CLEARY, F., DARAS, P., KRKO, S., MÜLLER, H., LI, M.-S., SCHAFFERS, H., LOTZ, V., ALVAREZ, F., STILLER, B., KARNOUSKOS, S., AVESSTA, S., NILSSON, M. (Eds.). **The Future Internet**. Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 431-446.
- SEVTSUK, A.; BEINART, J. **The effects of ICT on City Form.** Cambridge: MIT School of Architecture and Planning, 2005.
- SOARES, D. J. Cidades inteligentes: um novo arranjo para o desenvolvimento. In: ENCONTRO DAS FACULDADES DE GESTÃO E NEGÓCIOS. 2. Uberlândia-MG. 2012. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <[www.enfagen.fagen.ufu.br](http://www.enfagen.fagen.ufu.br)>. Acesso em: 25 de junho de 2015.
- SOUZA E SILVA, A. Do ciber ao híbrido: tecnologias móveis como interfaces de espaços híbridos. In: ARAUJO, D. C. **Imagem (ir)realidade Comunicação e Cibermídia**. Porto Alegre: Sulina, 2006.
- TOPPETA, D. **The Smart City Vision: How Innovation and ICT Can Build Smart, "Livable", Sustainable Cities.** Milão: The Innovation Knowledge Foundation, 2011. Disponível em: <[http://www.inta-aivn.org/images/cc/Urbanism/background%20documents/Toppeta\\_Report\\_005\\_2010.pdf](http://www.inta-aivn.org/images/cc/Urbanism/background%20documents/Toppeta_Report_005_2010.pdf)>. Acesso em: 27 jan. 2016.
- UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352)**. 2014.
- VILCHES, L. **A migração digital.** Tradução: Maria Immacolata Vassallo LOPES. São Paulo: Loyola, 2003.
- WASHBURN, D.; SINDHU, U.; BALAOURAS, S.; DINES, R. A.; HAYES, N. M.; NELSON, L. E. **Helping CIOs Understand "Smart City" Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the Role of the CIO.** Cambridge, MA: Forrester Research, Inc, 2010. Disponível em: <[http://www-935.ibm.com/services/us/cio/pdf/forrester\\_help\\_cios\\_smart\\_city.pdf](http://www-935.ibm.com/services/us/cio/pdf/forrester_help_cios_smart_city.pdf)>. Acesso em: 27 jan. 2016.

# Domingos Martins - ES: um estudo modelo sobre a interferência da legislação municipal no potencial de uso da iluminação natural

---

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – BRASIL

Stella Brunoro Hoppe

Cristina Engel de Alvarez

Andréa Coelho Laranja

## Introdução

A crise ambiental tem apontado para a necessidade de se buscar práticas mais sustentáveis no processo de planejamento urbano. Segundo Mesa et al. (2011), a eficiência energética nas edificações, associada à adoção de estratégias bioclimáticas no projeto, é a forma mais adequada para se atingir esse objetivo. Gonçalves e Duarte (2006), considerando o edifício como elemento de projeto urbano e de sustentabilidade, afirmam que as cidades devem ser planejadas e gerenciadas visando, dentre outros aspectos, a qualidade ambiental dos espaços internos e o menor impacto das construções no entorno, bem como o consumo consciente dos recursos em geral, como água, energia e materiais. Nesse sentido, a iluminação natural desempenha um importante papel no que tange ao conforto ambiental e eficiência energética, sendo que a realização de estudos nesse âmbito pode contribuir na definição de políticas e estratégias as quais visem o desenvolvimento ponderado e eficiente do espaço urbano.

A luz natural proporciona benefícios psicológicos e fisiológicos ao homem que não podem ser obtidos através da iluminação artificial (BAKER; STEEMERS, 2002; LEDER, 2007; LARANJA, 2010). Hopkinson et al. (1980) e Boyce (2014) ressaltam que o homem tende a ter preferência pela iluminação natural, visto que ambientes iluminados naturalmente exercem grande influência sobre a saúde, humor e produtividade do ser humano (FREEWAN, 2010; KEELER; BURKE, 2010). Além disso, o aproveitamento da luz solar possibilita a redução do consumo de energia elétrica. Li e Lam (2001) e Li et al. (2006) afirmam que a economia pode ser entre 30% e 60% do gasto total com iluminação artificial, associando dispositivos de controle de iluminação e estratégias de aproveitamento da luz natural. Também Rupp e Ghisi (2013), em estudo realizado para edificações comerciais de Florianópolis-SC, concluíram que a utilização da iluminação natural e da ventilação híbrida apresenta potencial de economia de energia elétrica de até 64,9%. Entretanto, a disponibilidade de luz natural no ambiente interno está vinculada, dentre outros fatores, à geometria do entorno construído.

A geometria urbana interfere na quantidade e qualidade da luz natural presente no interior das edificações, sendo este resultante dos parâmetros estabelecidos pelas regulamentações urbanas, como gabarito, afastamentos e recuos, altura das edificações, taxa de ocupação, entre outros (LEDER, 2007; LARANJA, 2010; STRØMANN-ANDERSEN; SATTRUP, 2011). Dentre as variáveis da geometria urbana, destacam-se as obstruções do entorno. Segundo Li et al. (2009) o desempenho da iluminação natural é influenciado pelas obstruções externas, sendo assim, quando prédios vizinhos estão muito próximos, os efeitos do sombreamento podem afetar significativamente a quantidade de luz que penetra no interior do edifício. Petersen et al. (2014) afirmam ainda que ambientes internos, situados em um contexto urbano com acesso restrito à luz natural, geralmente, possuem grande parte do céu e do sol bloqueados pelas massas edificadas. Logo, percebe-se a importância de se considerar a iluminação natural na elaboração das normas urbanísticas.

Em 2001, mediante o estabelecido pelo Estatuto da Cidade - Lei Federal 10.257 (BRASIL, 2001), os municípios brasileiros com população superior a 20.000 habitantes, mobilizaram-se para a elaboração ou a revisão dos planos diretores. Contudo, Barandier et al. (2013) afirma que grande parte dos municípios praticamente não enfatizaram as questões relacionadas ao conforto ambiental no meio urbano e à eficiência energética nas cidades. Gomes e Lamberts (2009) perceberam uma lacuna em relação à incorporação dos condicionantes ambientais na geração de recomendações e critérios urbanísticos, apesar de Marić et al. (2015) ressaltarem que a qualidade do planejamento urbano está vinculada, também, à consideração dos aspectos climáticos, como exposição à luz solar, ventilação, temperatura, umidade, entre outros.

Diante desse contexto, desenvolveu-se uma pesquisa, tendo como objeto de estudo a cidade de Domingos Martins/ES - LAT 20° 18' S e LONG 40° 43' W – cujo objetivo foi avaliar a interferência da legislação urbana, por meio dos parâmetros estabelecidos, na disponibilidade de luz natural no ambiente interno. A metodologia adotada inclui a seleção de áreas específicas, a criação de cenários pré-definidos e simulações computacionais.

**Figura 1** Localização de Domingos Martins/ES



**Fonte** Adaptado de Google Maps (acesso em 18 de out. 2014)

### A cidade de Domingos Martins e suas características específicas

A cidade de Domingos Martins-ES (Figura 1) localiza-se na região serrana do Estado do Espírito Santo (Brasil), situando-se sua sede a 542 metros de altitude. O local possui temperaturas amenas (média anual de 20°C), com clima tropical de altitude (DOMINGOS MARTINS, acesso em 24 jul. 2014).

O Município, atendendo ao instituído pela Lei Federal 10.257, desenvolveu o Plano Diretor Municipal (Lei Complementar 25/2013), o qual foi aprovado em agosto de 2013. A legislação vigente até essa data era o Código de Obras de 1992 (Lei 1.238/92) que, dentre outras questões, estabelecia os seguintes parâmetros urbanísticos: altura máxima da edificação até 19 metros, sendo permitido construir um pavimento cobertura o qual não era computado na altura máxima total; afastamento frontal de 3 metros; e afastamento lateral de 1,5 metros quando houvesse abertura (DOMINGOS MARTINS, 1992). Ressalta-se, entretanto, que apesar dos afastamentos estabelecidos, o padrão predominante na área central da cidade são edificações geminadas, alinhadas no limite frontal dos terrenos e, em muitos casos, com os pavimentos acima do térreo em balanço sobre a calçada. Destaca-se, também, que existem várias tipologias as quais apresentam um pé-direito maior no pavimento térreo, com consequente aumento ainda maior na altura da edificação (Figura 2).

Com a nova legislação do PDM em vigor, foram impostos parâmetros mais restritivos, limitando o gabarito máximo em 2, 3 e 4 pavimentos de acordo com o zoneamento, e o afastamento frontal permaneceu em 3 metros para a maioria das zonas (DOMINGOS MARTINS, 2013). Contudo, analisando os estudos realizados para a elaboração do Plano Diretor (FUNDAÇÃO..., [200-], 2009) não foi identificada nenhuma metodologia específica que considere os aspectos climáticos locais, especialmente aqueles relacionados ao melhor aproveitamento da iluminação natural, insolação, ventilação, entre outros. Além disso, vale destacar que os índices mais restritivos, principalmente no que tange ao gabarito e afastamentos, alavancou uma discussão e dualidade entre a população (ALBANI; HUBER, 2013; HUBER, 2013, 2015).

Com a nova legislação do PDM em vigor, foram impostos parâmetros mais restritivos, limitando o gabarito máximo em 2, 3 e 4 pavimentos de acordo com o zoneamento. O afastamento frontal permaneceu em 3 metros para a maioria das zonas (DOMINGOS MARTINS, 2013). Vale destacar que um grande potencial econômico do Município é a atividade turística, sendo a legislação voltada para a manutenção da ambiência bucólica do lugar, evitando, entre outras coisas, o processo de verticalização que vinha ocorrendo até a aprovação do Plano Diretor.

**Figura 2** Imagens da área central caracterizada pela presença de edificações geminada e sem recuo frontal



**Fonte** Hoppe et al. (2015)

**Figura 3** Localização da região e áreas escolhidas para análise. À esquerda, vista aérea geral da cidade e, à direita, detalhe da zona central



**Fonte** Adaptado de Google (2014)

## O desenvolvimento do estudo

Para o desenvolvimento do estudo adotou-se uma metodologia baseada em pesquisas afins realizadas por Laranja et al. (2013) e Leder et al. (2006), sendo ainda complementada com informações pertinentes para se alcançar o objetivo estabelecido. Inicialmente, definiu-se o recorte urbano na cidade de Domingos Martins (ES, Brasil), seguido pela escolha de áreas específicas para a realização da análise e sua respectiva caracterização.

Tendo em vista verificar a interferência das regulamentações urbanas de Domingos Martins foram criados três cenários para cada área escolhida: cenário atual (CA) – recriando a geometria urbana encontrada no local; cenário legislação anterior (CL Anterior) – aplicando-se os índices estabelecidos pelo Código de Obras; e o cenário legislação atual (CL Atual) – aplican-

do-se os parâmetros do PDM. O local escolhido para análise da iluminação natural situa-se no Centro da cidade de Domingos Martins (Figura 3), onde terrenos, com edificações de até dois pavimentos, vinham sendo incorporados e substituídos por prédios de 5 a 7 pavimentos. Nesse recorte territorial foram selecionadas 4 áreas típicas para a realização das simulações computacionais (Figura 3).

Como principal instrumento de obtenção de dados, foram realizadas simulações no programa computacional TropLux (Cabús 2005), utilizando-se como parâmetros três tipos de céu padrão da CIE (Commission Internationale de L'éclairage). Na análise dos resultados foram considerados os valores das iluminâncias médias globais dos pontos definidos, os percentuais das UDI (Useful Daylight Illuminance) e os percentuais de uniformidade.

Considerando que a presença de luz natural no ambiente interno está diretamente associada à geometria urbana (LEDER, 2007; LARANJA, 2010), diversas pesquisas foram desenvolvidas buscando estabelecer as relações entre a largura da via e a altura da edificação obstruidora com o acesso da iluminação natural no ambiente interno (NG, 2005; LI et al., 2009; STRØMANN-ANDERSEN; SATTTRUP, 2011). Assim, para este estudo específico, os critérios utilizados para a definição do recorte territorial foram a identificação de vias-padrão representativas e áreas consideradas críticas devido às alturas das obstruções.

As figuras 4 a 7 identificam de forma detalhada as quatro áreas amostrais escolhidas para as simulações. Nelas constam a representação do cenário atual contendo as edificações obstruidoras e o ambiente/edificação em análise, além de informações referentes aos parâmetros estabelecidos pela legislação anterior (Código de Obras) e pela legislação urbanística atual (PDM). Ressalta-se que a largura da via indicada abrange as dimensões da caixa viária e calçada. O levantamento dos dados necessários sobre a área de estudo foi realizado através do material fornecido pela Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos (base cartográfica) e de visitas de observação, medições e registros fotográficos.

### Avaliação da disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno

O TropLux permite a simulação da iluminação natural no ambiente interno considerando as características, tanto climáticas como arquitetônicas, das regiões tropicais. Dentre as suas especificidades, destacam-se a configuração do índice de refletância das superfícies internas e externas, e do tipo de céu da localidade segundo os padrões da CIE. O programa é baseado em três conceitos: o método Monte Carlo, o método do raio traçado e o conceito de coeficientes de luz natural (CABÚS, 2005). Adotou-se três tipos de céus, conforme estabelecido por Laranja (2010): o 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), os quais correspondem, respectivamente, aos valores mínimo, intermediário e máximo de iluminância.

Estabeleceu-se, neste estudo, que a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno se-

ria caracterizada pelo nível de iluminância, com valores que indiquem a adequação à realização das atividades previstas dentro dos compartimentos. Além disso, definiu-se que a iluminação considerada tratar-se-ia da iluminância global, proveniente da combinação entre luz do sol e da parcela refletida.

A avaliação ocorre em três etapas. Inicialmente, são comparadas as iluminâncias obtidas no cenário atual (CA), no cenário legislação anterior (CL Anterior), e no cenário legislação atual (CL Atual), verificando-se a variação dos níveis de luz natural mediante a aplicação dos índices urbanísticos estabelecidos pelo Código de Obras e Plano Diretor. Além disso, observou-se o enquadramento desses valores segundo o estabelecido pela NBR ISO/CIE 8995-1, que recomenda o valor de 500 lx como iluminância a ser mantida em compartimentos onde se realizam as seguintes atividades: escrever, teclear, ler e processar dados (ASSOCIAÇÃO... 2013).

A segunda etapa consiste na comparação, entre os três cenários (CA, CL Anterior e CL Atual), dos valores das UDIs. O parâmetro, proposto por Nabil & Mardaljevic (2006), caracteriza a ocorrência de iluminâncias, no período de um ano, que se encontram dentro de determinados intervalos de iluminação, conforme mostra a Tabela 1. Na terceira etapa foram observadas as variações nos percentuais de uniformidade, calculados através da razão entre o valor mínimo e a média das iluminâncias medidas no recinto. Nesse sentido, a NBR ISO/CIE 8995-1 estabelece que a uniformidade na área da tarefa não deve ser inferior a 70% (ASSOCIAÇÃO... 2013).

**Tabela 1** Classificação dos resultados em lux em função das UDI

| Intervalo UDI (LUX) | Característica da luminância                                |
|---------------------|---|
| UDI < 100           | Insuficiente.   |
| 100 < UDI < 500     | Suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar. |
| 500 < UDI < 2000    | Suficiente e desejável.                                     |
| 2000 < UDI          | Indesejável. Desconforto térmico e/ou visual.               |

**Fonte** Adaptado de Nabil & Mardaljevic (2006)

Conforme a NBR 15215-4 (ASSOCIAÇÃO... 2005) os níveis de iluminação devem ser verificados em diferentes épocas do ano e horários distintos, a fim de se obter valores mais precisos. Logo, as simulações foram realizadas para todos os dias do ano. Os horários compreendem cada hora entre 7h e 17h.

As principais características do ambiente interno adotado nas simulações foram definidas de acordo com as especificações estabelecidas pelo Código de Obras de Domingos Martins (Domingos Martins 1992) e, de forma complementar, o Código de Obras de Vitória (Vitória 1998), bem como na tipologia verificada na região estudada. Assim, o modelo

Figura 4 Caracterização da Área 1



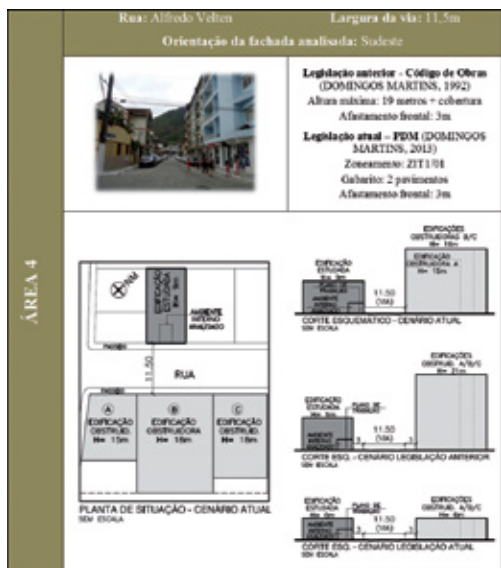
Figura 5 Caracterização da Área 2



Figura 6 Caracterização da Área 3

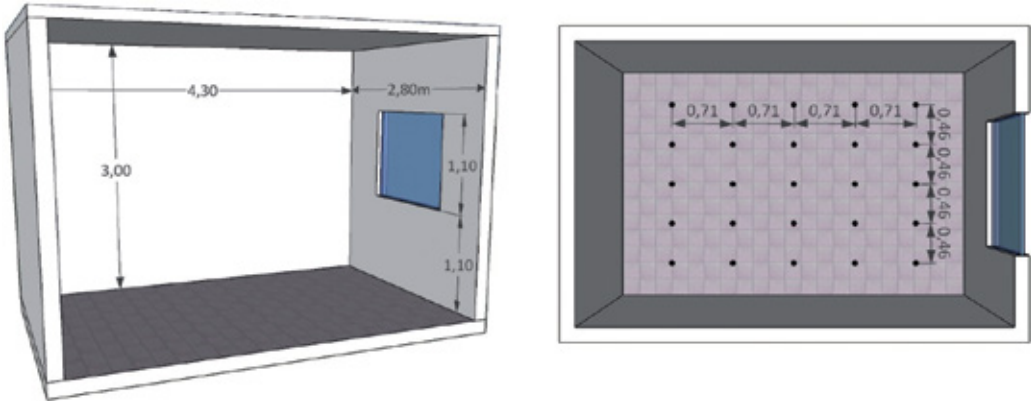


Figura 7 Caracterização da Área 4





**Figura 8** Vista do ambiente analisado indicando dimensões e a malha de pontos para medição de iluminância



de ambiente se caracteriza por ter pé-direito de 3,00 m, largura de 2,80 m e comprimento de 4,30 m. As refletâncias internas foram adotadas conforme Laranja (2010), Capeluto (2003) e NBR ISO/CIE 8995 (2013), ou seja, piso = 0,2; paredes = 0,5; e teto = 0,8. As aberturas do modelo analisado localizam-se na fachada voltada para o exterior e estão centralizadas na parede. São compostas por vidro liso transparente, e possuem uma área de 1,54m<sup>2</sup> (1,40x1,10x1,10), correspondendo a 1/8 da área do piso do compartimento (VITÓRIA 1998).

O ponto adotado para medição no ambiente interno localiza-se no térreo, visto ser a situação mais crítica para o acesso da luz natural. Adotou-se a NBR 15215-4 (ASSOCIAÇÃO..., 2005) para determinar o número mínimo e a localização dos pontos para verificação do nível de iluminação natural. A quantidade mínima de pontos encontrados foi 16, porém, optou-se por trabalhar com um número superior, 25 pontos, visando maior precisão nos dados de resposta. A malha para localização dos pontos é composta de 5 linhas e 5 colunas, distando entre si 0,46 m e 0,76 m, respectivamente. O plano de trabalho considerado está a 0,75 m do piso (Figura 8)

Quanto às edificações obstruidoras, adotou-se três e quatro<sup>1</sup> edificações, as quais localizam-se à frente da edificação estudada, à frente na lateral direita, e à frente na lateral esquerda (Figuras 4 a 7). As refletâncias adotadas foram baseadas

nos trabalhos desenvolvidos por NG (2005), Leder (2007) e Laranja (2010). Assim, utilizou-se 40% como refletância média dos fechamentos opacos, e 20% como refletância média das superfícies horizontais, sendo neste último observado, também, o tipo de pavimentação da área estudada (paralelepípedo).

Os resultados obtidos nas simulações computacionais permitiram a análise dos valores de iluminância média global, dos valores que se encontram no intervalo das UDI's, e dos percentuais referente à uniformidade entre os três cenários (cenário atual, cenário legislação anterior e cenário legislação atual).

Na análise do nível de iluminância objetivou-se verificar o ganho de iluminação natural dentro do ambiente interno permitida pelas referidas legislações, bem como se esses valores enquadram-se dentro do recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1, 500 lux (ASSOCIAÇÃO... 2013). Quanto ao parâmetro UDI, buscou-se verificar o aumento da iluminação considerada como satisfatória (500 < UDI < 2000), com atenção ao ganho da iluminação caracterizada como indesejável (UDI < 2000). E em relação à uniformidade buscou-se verificar a alteração desta no ambiente interno e a efetiva interferência das referidas legislações nesses percentuais.

<sup>1</sup> Na área 3, adotou-se 4 edificações obstruidoras em função do posicionamento dos lotes em relação ao ambiente analisado, sendo que a não adoção da quarta edificação interferiria nos resultados obtidos nas simulações computacionais.

No que tange à iluminância média global, na área 1 (Gráfico 1), ao comparar os cenários atual e da legislação anterior, percebe-se que praticamente não houve variação dos níveis de iluminância para os três tipos de céus adotados. Apesar do gabarito mais permissivo no cenário legislação anterior, com a aplicação dos afastamentos frontais, o distanciamento entre as edificações aumentou, sendo assim, a proporção entre altura das edificações obstruidoras e largura da via manteve-se, corroborando as pesquisas desenvolvidas por Ng (2005), Li et al. (2009), Laranja (2010) e outros. Entretanto, quando aplicados os índices do PDM, verifica-se que o cenário da legislação atual possibilitou o aumento do nível de iluminância nos três tipos de céus analisados. As contribuições foram significativas, visto que o ganho de iluminação no ambiente interno foi, em média, 54%, 60% e 65%, respectivamente para os céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro). Em relação aos níveis recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1, para o céu 3 (encoberto), nenhum dos cenários analisados alcançou a iluminância mínima de 500 lx.

Na área 2 (Gráfico 2), tendo como base o cenário atual, verifica-se que o nível de luz natural aumenta ao se aplicar os índices da legislação anterior e da legislação atual. Na análise entre o cenário real e o cenário da legislação anterior, o aumento foi de 35%, 48% e 55%, respectivamente para os céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro). Apesar da altura das edificações obstruidoras ser maior no cenário da legislação anterior – 21 m, nas edificações do cenário atual, conforme exemplificado no Quadro 2, os pavimentos acima do térreo avançam sobre a calçada, o que torna o afastamento entre as edificações menor do que a própria largura da via. Nesse sentido, tomando por base a via-padrão da área 2, percebe-se que os índices propostos pela legislação anterior não eram prejudiciais para a disponibilidade de luz natural no ambiente interno, mas sim a tipologia que vinha sendo edificada na cidade até o PDM entrar em vigor, caracterizada por construções alinhadas no limite frontal dos terrenos e com pavimentos acima do térreo em balanço sobre a calçada.

Gráfico 1 Iluminância média global na Área 1 (Rua Gustavo Gerhardt)

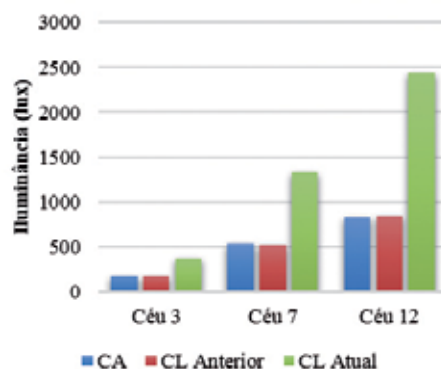
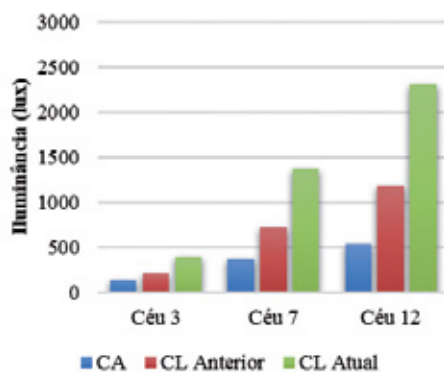


Gráfico 2 Iluminância média global na Área 2 (Rua Carlos Germano Schwambach)



Ainda na análise da área 2 (Gráfico 2), ao confrontar o cenário da legislação atual e cenário da legislação anterior, também há um aumento da iluminância no ambiente interno de 46%, 47% e 48%, respectivamente para os céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro). Consequentemente, na comparação entre o cenário atual e o cenário da legislação atual, esse acréscimo no nível de luz natural é ainda maior, 65% para o céu 3 (encoberto), 72% para o céu 7 (parcialmente nublado) e 76% para o céu 12 (claro). O significativo aumento da iluminância no cenário da legislação atual deve-se à aplicação do afastamento frontal e, principalmente, à restrição do gabarito estabelecida pelo PDM. No que tange aos níveis estabelecidos pela NBR

ISO/CIE 89951, nenhum dos cenários para o céu 3 (encoberto), e o cenário atual para o céu 7 (parcialmente nublado), alcançou a iluminância mínima recomendada pela norma.

Na área 3 (Gráfico 3), de forma análoga à área 2, o cenário da legislação anterior proporcionou o aumento da iluminação natural no ambiente interno em relação ao cenário atual, e, por sua vez, o cenário da legislação atual acresceu o nível de iluminância em relação ao cenário da legislação anterior e do cenário atual. Na primeira situação, no cenário atual e da legislação anterior, o ganho foi de 39%, 50% e 54% para os céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro) respectivamente. Na análise entre os cenários da legislação atual e da legislação anterior, o acréscimo de luz natural foi de cerca de 40% para os três tipos de céus. E, na avaliação entre o cenário da legislação atual e do cenário atual, o aumento da iluminância no interior das edificações foi significativo, 64%, 70% e 72% respectivamente para os céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro). Destaca-se que as edificações do cenário atual são caracterizadas pela tipologia construtiva na qual os pavimentos acima do térreo estão em balanço sobre a calçada, reduzindo os afastamentos entre as edificações, e resultando no aumento gradativo da iluminância entre os cenários analisados. Em relação aos níveis recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1, nenhum dos cenários para o céu 3 (encoberto), e o cenário atual para o céu 7 (parcialmente nublado), alcançou a iluminância mínima recomendada pela norma.

Na área 4 (Gráfico 4), apesar dos percentuais de contribuição terem sido menor em relação às áreas 2 e 3, a geometria proporcionada pelo cenário da legislação anterior permite um ganho de iluminação no ambiente interno em relação ao cenário atual de 22%, 18% e 16% para os céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro) respectivamente. Comparando-se o cenário da legislação atual e o cenário da legislação anterior, os índices do PDM aplicados propiciaram o aumento da iluminância em 38%, 28% e 22%, respectivamente para os céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro). Conseqüentemente, o cenário da legislação atual proporcionou

Gráfico 3 Iluminância média global na Área 2 (Rua Adolfo Hulle)

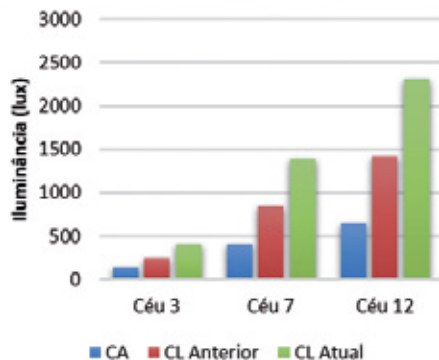
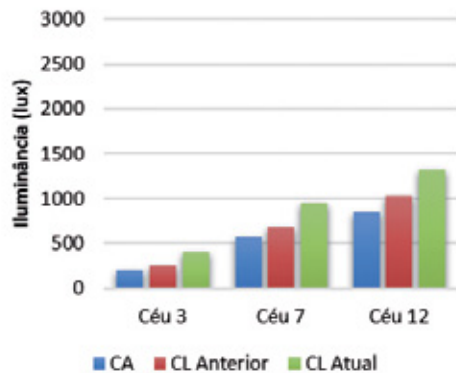


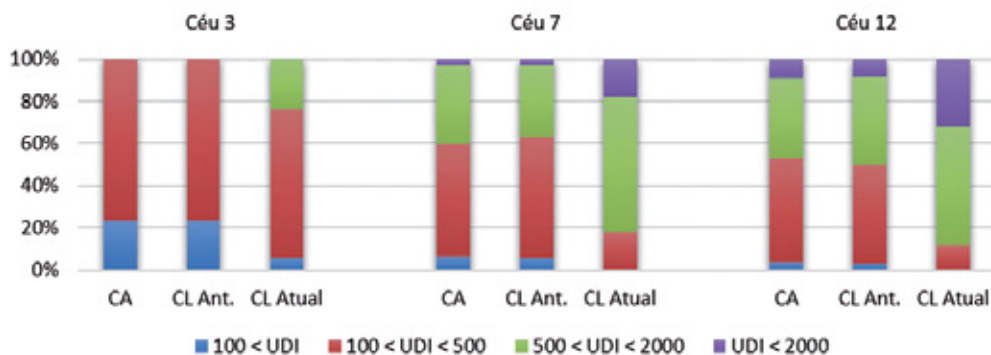
Gráfico 4 Iluminância média global na Área 4 (Rua Alfredo Velten)



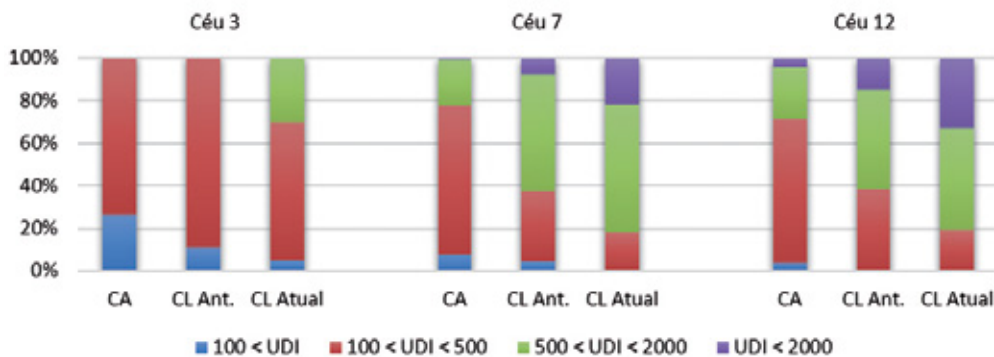
um ganho ainda maior de luz natural em relação ao cenário atual, de 52%, 41% e 35% para os céus 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro) respectivamente. De forma análoga à área 1, para o céu 3 (encoberto), nenhum dos cenários analisados alcançou a iluminância recomendada pela NBR ISO/CIE 8995-1.

Quanto ao parâmetro UDI, na área 1 (Gráfico 5), para o céu 3 (encoberto) percebe-se que os percentuais se mantêm constantes entre o cenário da legislação anterior e o cenário atual, entretanto, o cenário gerado a partir dos índices do PDM (legislação atual) proporcionou o aumento da iluminância caracterizada como suficiente e desejável (500 lx/2000 lx) em detrimento da iluminância considerada como insuficiente

**Gráfico 5** Comparativo entre os percentuais das UDI's na Área 1 (Rua Gustavo Gerhardt)



**Gráfico 6** Comparativo entre os percentuais das UDI's na Área 2 (Rua Carlos Germano Schwambach)

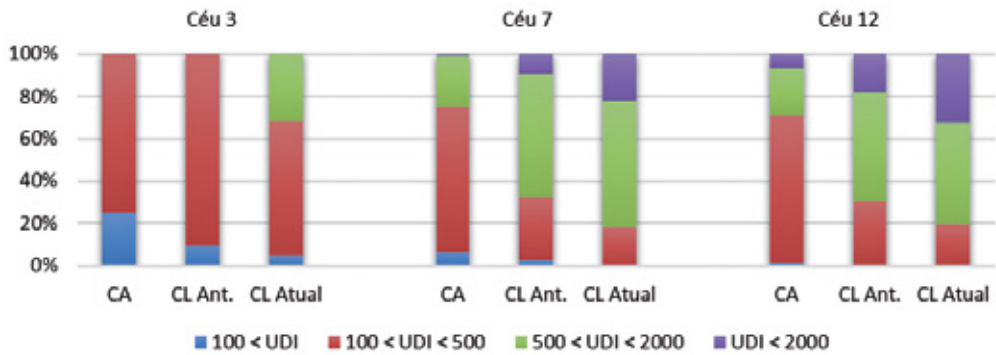


(UDI<100). Nos céus 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), os percentuais pouco se alteraram entre os cenários atual e da legislação anterior. Já o cenário da legislação atual novamente propiciou um incremento dos valores de iluminância compreendidos no intervalo entre 500 lx e 2000 lx para os céus 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), porém, houve um acréscimo no percentual de iluminação considerada indesejável (2000<UDI), visto esta poder causar desconforto térmico ou visual.

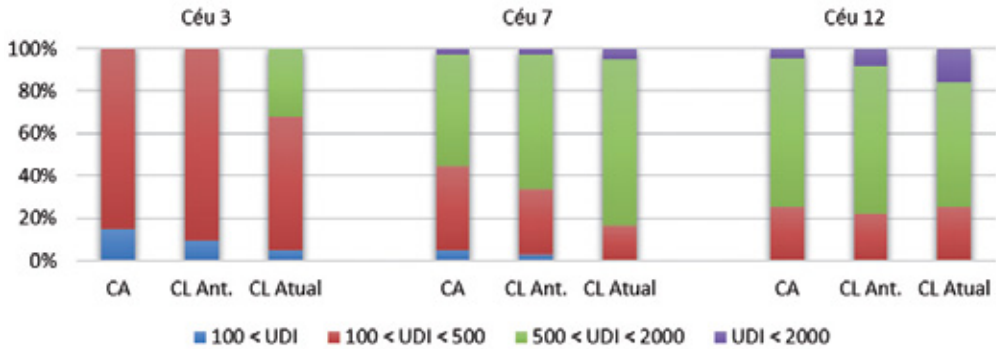
Na área 2 (Gráfico 6), para o céu 3 (encoberto), o cenário da legislação anterior proporcionou o acréscimo do percentual compreendido no intervalo entre 100 lx/500 lx em detrimento do percentual caracterizado como insuficiente (UDI<100). O

cenário da legislação atual possibilitou o aumento dos valores compreendidos no intervalo 500 lx/2000 lx, considerado como suficiente e desejável. Nos céus 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), confrontando o cenário atual e o cenário da legislação anterior, os índices estabelecidos pelo Código de Obras permitiram o aumento do percentual considerado como suficiente e desejável (500 lx/2000 lx). Na comparação entre o cenário da legislação anterior e o cenário da legislação atual, os percentuais compreendidos entre 500 lx e 2000 lx praticamente não se alteraram, contudo, no cenário da legislação atual, houve um acréscimo no percentual de iluminação considerada indesejável (2000<UDI) por poder causar desconforto térmico ou visual.

**Gráfico 7** Comparativo entre os percentuais das UDI's na Área 3 (Rua Adolfo Hulle)



**Gráfico 8** Comparativo entre os percentuais das UDI's na Área 4 (Rua Alfredo Velten)



Na área 3 (Gráfico 7), a variação dos percentuais entre os cenários comporta-se de maneira semelhante à área 2, possivelmente por essas áreas apresentarem edificações com tipologias parecidas e mesma orientação (Norte-Nordeste). Para o céu 3 (encoberto), o cenário da legislação anterior aumentou o percentual compreendido no intervalo entre 100 lx/500 lx em detrimento do percentual classificado como insuficiente (UDI<100). O cenário da legislação atual possibilitou o aumento dos valores compreendidos no intervalo 500 lx/2000 lx, considerado como suficiente e desejável. Nos céus 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), ao analisar o cenário atual e o cenário da legislação anterior, os índices estabelecidos pelo Código de Obras permitiram o aumento do percentual considerado como suficiente e desejável (500/2000

lx). Na comparação entre o cenário da legislação anterior e o cenário da legislação atual, os percentuais praticamente não se alteraram, contudo, no cenário da legislação atual, houve um acréscimo no percentual de iluminação considerada indesejável (2000<UDI) por poder causar desconforto térmico ou visual.

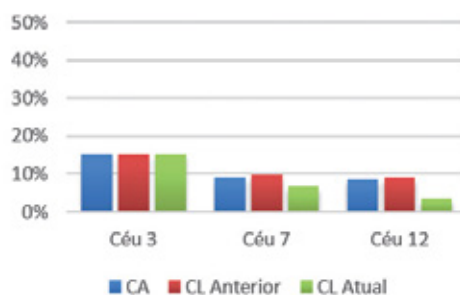
Na área 4 (Gráfico 8), para o céu 3 (encoberto), o cenário da legislação anterior permitiu um pequeno aumento nos valores de iluminância no intervalo entre 100 lx e 500 lx, caracterizado como suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar. Por sua vez, o cenário da legislação atual permitiu que 95% dos valores de iluminância se enquadrassem nos intervalos 100 lx/500 lx e 500 lx/2000 lx, classificados respectivamente como suficiente, mas com necessidade de iluminação

complementar; suficiente e desejável. Para o céu 7 (parcialmente nublado), percebe-se o aumento gradativo, entre os cenários, dos percentuais compreendidos no intervalo entre 500 lx e 2000 lx. Para o céu 12 (claro), os percentuais quase não alteraram entre os cenários atual e da legislação anterior, entretanto, o cenário da legislação atual permitiu o acréscimo no percentual dos valores acima de 2000 lx, considerado como indesejável por poder causar desconforto térmico ou visual, e um decréscimo no percentual caracterizado como desejável (500 lx/2000 lx).

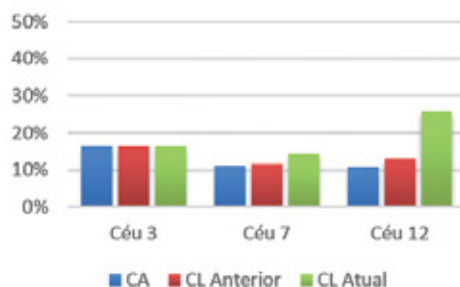
Quanto à análise da uniformidade, na área 1 (Gráficos 9 e 10), para o céu 3 (encoberto), os percentuais permaneceram constante para todos os cenários, no período da manhã e da tarde, devido ao céu encoberto que proporciona uma distribuição mais uniforme da radiação e da luminância, independente da orientação. Para o céu 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), os percentuais também mantiveram-se constantes ou praticamente não se alteram entre os cenários atual e da legislação anterior para ambos os períodos. Ainda para o céu 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), o cenário da legislação atual apresenta uma menor uniformidade na parte da manhã, provavelmente, devido à orientação da fachada principal (Nordeste), a qual recebe maior incidência de radiação solar direta nesse período. Assim, pode-se afirmar que o gabarito mais permissivo do Código de Obras ajuda a bloquear a luz solar direta contribuindo para uma menor variação da iluminância no interior do ambiente. Já na parte da tarde (Gráfico 10), para o céu 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), o cenário da legislação atual apresenta melhor distribuição da iluminação no ambiente interno, isto por que nesse período a fachada principal (orientada à Nordeste) recebe maior contribuição do céu, visto que a radiação solar direta na parte da tarde está direcionada à lateral e fundos do edifício analisado.

Na área 2 (Gráficos 11 e 12), para o céu 3 (encoberto), o índice de uniformidade permaneceu constante para todos os cenários no período da manhã e da tarde. Para o céu 12 (claro), no período da manhã (Gráfico 11), há um discreto decaimento da uniformidade conforme diminui a razão entre altura da edificação obstruidora e distanciamento das edificações (largura da via + afastamento frontal). Para

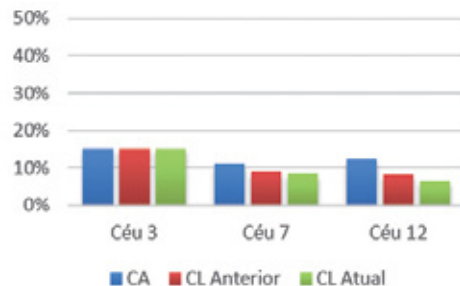
**Gráfico 9** Uniformidade da iluminância na Área 1 (Rua Gustavo Gerhardt) entre 7h e 12h (período da manhã)



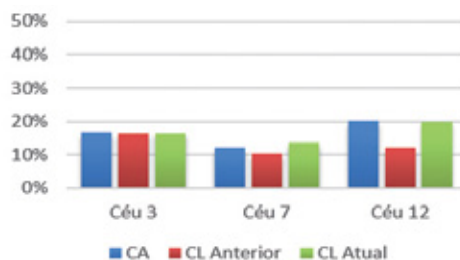
**Gráfico 10** Uniformidade da iluminância na Área 1 (Rua Gustavo Gerhardt) entre 13h e 17h (período da tarde)



**Gráfico 11** Uniformidade da iluminância na Área 2 (Rua Carlos Germano Schwambach) entre 7h e 12h (período da manhã)



**Gráfico 12** Uniformidade da iluminância na Área 2 (Rua Carlos Germano Schwambach) entre 13h e 17h (período da tarde)



o período da tarde (Gráfico 12), o cenário da legislação urbana apresentou o menor percentual de uniformidade para o céu 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), e os cenários atual e da legislação atual propiciaram índices maiores de uniformidade da iluminância.

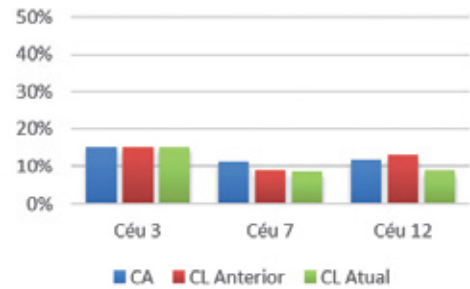
Na área 3 (Gráficos 13 e 14), para o céu 3 (encoberto), o índice de uniformidade permanece constante para todos os cenários no período da manhã e da tarde. No período da manhã, para o céu 7 (parcialmente nublado), os percentuais pouco se alteraram, e para o céu 12 (claro) o cenário da legislação atual apresentou o percentual mais baixo de uniformidade da luz natural. Já para o período da tarde, esse mesmo cenário da legislação atual é o que apresenta melhor distribuição da iluminação no ambiente interno para o céu 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro).

Na área 4 (Gráficos 15 e 16), para o céu 3 (encoberto), o índice de uniformidade permanece constante para todos os cenários no período da manhã e da tarde. Para o céu 7 (parcialmente nublado), na parte da manhã e tarde, e para o céu 12 (claro), na parte da manhã, as variações nos percentuais de uniformidade, de maneira geral, foram discretas. E, na parte da tarde, para o céu 12 (claro), os respectivos cenários alcançaram os melhores índices de uniformidade quando comparados às demais áreas, sendo que o cenário da legislação atual foi o que apresentou o melhor percentual, possivelmente pela orientação da fachada principal (Sudeste), na qual a iluminância no período da tarde é predominantemente difusa, associada à diminuição do gabarito.

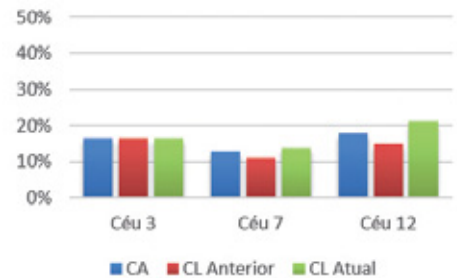
## Conclusão

A partir dos resultados obtidos, verifica-se, assim como nos estudos realizados por Leder (2007), Laranja (2010) e Strømman-Andersen e Sattrup (2011), a influência da geometria urbana e, conseqüentemente, da legislação urbanística na disponibilidade de luz natural no interior das edificações. Com relação a cidade de Domingos Martins-ES, apesar de não ter sido considerada nenhuma metodologia específica relacionada ao conforto ambiental na elaboração da legislação atual, as simulações computacionais mostraram que o Plano Diretor Municipal, através da aplicação dos índices esta-

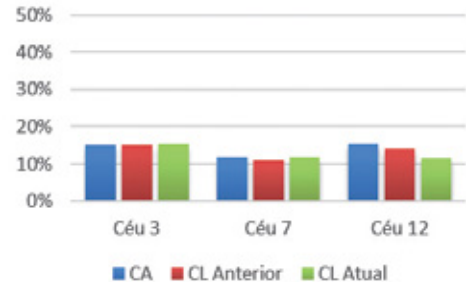
**Gráfico 13** Uniformidade da iluminância na Área 3 (Rua Adolfo Hulle) entre 7h e 12h (período da manhã)



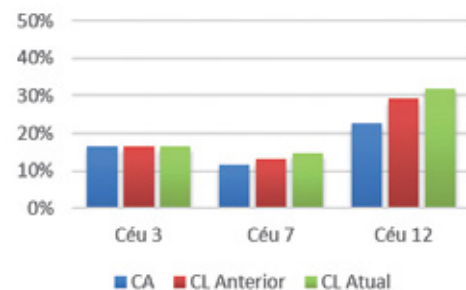
**Gráfico 14** Uniformidade da iluminância na Área 3 (Rua Adolfo Hulle) entre 13h e 17h (período da tarde)



**Gráfico 15** Uniformidade da iluminância na Área 4 (Rua Alfredo Velten) entre 7h e 12h (período da manhã)



**Gráfico 16** Uniformidade da iluminância na Área 4 (Rua Alfredo Velten) entre 13h e 17h (período da tarde)



beleceados (gabarito e afastamento), contribui com o aumento da disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno. Entretanto, percebe-se também que o Código de Obras – regulamentação que vigorava até a aprovação do PDM – não era pernicioso em relação ao potencial de aproveitamento da luz natural no interior das edificações. De fato, a legislação anterior propiciou o aumento da iluminância na comparação com o cenário atual, o que permite concluir que o problema não eram os índices mais permissivos do Código de Obras, mas a tipologia que vinha sendo edificada na cidade, ou seja, construções geminadas, alinhadas no limite frontal dos terrenos e com pavimentos acima do térreo em balanço sobre a calçada. Nesse sentido, ressalta-se a importância do afastamento entre as edificações e, também, da largura da caixa viária e aplicação do recuo frontal para a disponibilidade de luz natural no interior das edificações.

No que diz respeito à iluminância, a aplicação dos índices propostos pela legislação anterior proporcionou o aumento dos valores para os três tipos de céus estudados, nas áreas 2, 3 e 4 em relação ao cenário atual, e, na área 1, os valores praticamente não se alteraram. O PDM, no entanto, permitiu um ganho ainda maior de luz natural no ambiente interno, para os três tipos de céus analisados. Com relação ao parâmetro UDI, para os céus 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), o Código de Obras propiciou o aumento nos valores de iluminância compreendidos no intervalo caracterizado como suficiente e desejável (500 lx/2000 lx) nas áreas 2 e 3. Entretanto, ainda para os céus 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), a legislação atual permite a presença, em maior quantidade, da iluminação indesejada, principalmente nas áreas 1, 2 e 3 (orientações Nordeste e Norte-Nordeste), podendo causar ofuscamento nos ambientes internos pelo excesso de luz. Para essa situação percebe-se que a redução dos gabaritos precisa ser aliada ao uso de proteções solares nas aberturas para algumas situações, tanto para obter a melhor qualidade de iluminação como para auxiliar na redução da carga térmica incidente, evitando a eventual necessidade de resfriamento ativo do ambiente interno e um maior consumo de energia. Quanto à uniformidade, de maneira geral, não se percebe uma efetiva interferência por parte de ambas regulamentações urbanas (anterior e atual). Os percentuais de uniformidade não variaram de

forma significativa, entretanto, para o céu 12 (claro), na parte da tarde, o cenário da legislação urbana atual foi o que alcançou os melhores resultados.

De maneira geral, sob o aspecto da iluminação natural, o estabelecimento da atual legislação urbana, o Plano Diretor, é benéfico ao município de Domingos Martins, favorecendo o aproveitamento da luz natural e, por conseguinte, o conforto ambiental, a economia de energia e a aproximação ao conceito de sustentabilidade do ambiente construído. Entretanto, a regulamentação anterior, o Código de Obras, também favorecia a disponibilidade de luz natural quando comparada à geometria urbana atual. Considerando então a relação entre largura da via e altura da edificação obstruidora, pode-se concluir que é possível estabelecer parâmetros menos restritivos quanto ao gabarito das edificações, desde que se mantenha o distanciamento correto entre as edificações, por meio da proposição de vias mais largas e aplicação do afastamento frontal. Ressalta-se, entretanto, que esta pesquisa é uma pequena parte dentro de um universo que deve ser estudado a fim de contribuir para a melhoria do planejamento urbano. Recomenda-se o desenvolvimento de estudos complementares considerando outros aspectos relevantes para a sustentabilidade do ambiente construído e para o conforto dos usuários, tais como insolação, ventilação, paisagem, entre outros, visando especialmente propor critérios e recomendações mais adequados à realidade de cada local.

## Referências

- ALBANI, E.; HUBER, J. Vereadores aprovam construções de até sete andares em Domingos Martins. **Montanhas Capixabas**, Domingos Martins, 2 ago. 2013, Política. Disponível em: <<http://www.montanhascapixabas.com.br/index.php?x=materia&codItem=6953&codArea=2>>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-4**: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – método de medição. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1**: iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro, 2013.
- BAKER, N.; STEEMERS, K. **Daylighting design of buildings**. London: James & James Ltd, 2002.



- BARANDIER, H.; ALMEIDA, Maria C. T. S. de; MORAES, R. **Guia técnico Procel Edifica: Planejamento e controle ambiental-urbano e a eficiência energética.** Rio e Janeiro: IBAM/DUMA; ELETRO-BRÁS/PROCEL, 2013.
- BOYCE, P. R. **Human Factors in Lighting.** 3.ed. New York: Taylor & Francis Group, 2014.
- BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001.** Regula os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, 10 jul. 2001. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm)>. Acesso em: 27 fev. 2016.
- CABÚS, R. C. Troplux: um sotaque tropical na simulação da luz natural em edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió, 2005. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/grupopesquisa/grilu/Artigos/Troplux%20um%20Sotaque%20Tropical%20na%20Simula%C3%A7%C3%A3o%20da%20Luz.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2016.
- CAPELUTO, I. G. The influence of the urban environment on the availability of daylighting in office buildings in Israel. **Building and Environment**, v. 38, n. 5, p. 745-752, mai. 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013230200238X>>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- DOMINGOS MARTINS (Município). **Lei Complementar nº 25, de 2013.** Dispõe sobre a organização do espaço territorial do Município de Domingos Martins, conforme determina o disposto no art. 182 CRFB de 1988 e o art. 41 do Estatuto da Cidade – Lei 10.257 de 2001. Domingos Martins, ago. 2013.
- DOMINGOS MARTINS (Município). **Lei nº 1.238, de 1992.** Institui o Código de obras do Município de Domingos Martins. Domingos Martins, 1992.
- DOMINGOS MARTINS. Prefeitura Municipal. **Aspectos geográficos.** Disponível em: <<http://www.domingosmartins.es.gov.br/#/>>. Acesso em: 24 jul. 2014.
- FREEWAN, A. A. Maximizing the lightshelf performance by interaction between lightshelf geometries and curved ceiling. **Energy Conversion and Management**, n.51, p.1600-1604, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890409004749>>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- FUNDAÇÃO CECILIANO ABEL DE ALMEIDA. **Plano Diretor Municipal de Domingos Martins: etapa preliminar – metodologia.** Vitória, 2009.
- FUNDAÇÃO CECILIANO ABEL DE ALMEIDA. **Plano Diretor Municipal de Domingos Martins: etapa 01 – levantamento, organização e análise das informações existentes.** Vitória, [200-].
- GOMES, P. S; LAMBERTS, R. O estudo do clima urbano e legislação urbanística: considerações a partir do caso Montes Claros – MG. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 73-91. 2009. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/6916/5041>>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51-81. 2006. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3720/2071>>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação natural.** 2ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980.
- HOPPE, S. B.; ALVAREZ, C. E. de; LARANJA, A. C. Iluminação natural e legislação urbana: a experiência de Domingos Martins – ES (Brasil). In: Latin American and European conference on sustainable buildings and communities, 2015, Guimarães. **Proceedings...** Guimarães, 2015. Disponível em: <<http://civil.uminho.pt/urbanere/wp-content/uploads/2015/09/495.pdf>>. Acesso em: 16 mar 2016.
- HUBER, J. Moradores querem barrar emendas do PDM em Domingos Martins. **Montanhas Capixabas**, Domingos Martins, 6 ago. 2013, Política. Disponível em: <<http://www.montanhascapixabas.com.br/index.php?x=materia&codItem=6970&codArea=2>>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- HUBER, J. Vereadores propõem mudanças no PDM de Domingos Martins. **Montanhas Capixabas**, Domingos Martins, 8 set. 2015, Política. Disponível em: <<http://www.montanhascapixabas.com.br/index.php?x=materia&codItem=12086&codArea=2>>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis.** Porto Alegre: Book-man, 2010.

- LARANJA, A. C. et al. Análise das relações entre a geometria urbana e a orientação das aberturas na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Belo Horizonte, v. 20, n. 26, p. 151-167, Fev. 2013. ISSN 2316-1752. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/view/6648/6076>>. Acesso em: 10 Jul. 2014.
- LARANJA, A. C. **Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. 2010. 285 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- LEDER, S. M. et al. Análise da legislação urbanística através de critérios de insolação e luz natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2006.
- LEDER, S. M. **Ocupação urbana e luz natural**: proposta de parâmetro de controle da obstrução do céu para garantia da disponibilidade à luz natural. 2007. 240 f. Tese (Doutorado em Construção Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- LI, D. H. W. et al. Simple method for determining daylight illuminance in a heavily obstructed environment. **Building and Environment**, v. 44, n. 5, p. 1074-1080, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132308001893>>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- LI, D. H. W.; LAM, J. C. Evaluation of lighting performance in office buildings with daylighting controls. **Energy and Buildings**, v. 33, n.8, p. 793-803, 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778801000676>>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- LI, D. H. W.; LAM, T. N. T.; WONG, S. L. Lighting and energy performance for an office using high frequency dimming controls. **Energy Conversion and Management**, v. 47, n. 9-10, p. 1133-1145, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019689040500172X>>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- MARIĆ, I.; PUCAR, M.; KOVAČEVIĆ, B. Reducing the impact of climate change by applying information technologies and measures for improving energy efficiency in urban planning. **Energy Buildings**, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778815003436>>. Acesso em: 13 fev. 2016.
- MESA, N. A.; CORICA, L.; PATTINI, A. Evaluation of the potential of natural light to illuminate build-ings in dense urban environment: A study in Mendoza, Argentina. **Renewable Energy**, n. 36, p. 2414-2423, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148111000814>>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: a replacement for daylight factors. **Energy and Buildings**, v. 38, n. 7, p. 905-913, jul. 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778806000636>>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- NG, E. A study of the relationship between daylight performance and height difference of buildings in high density cities using computational simulation. In: INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION CONFERENCE, 9., 2005, Montreal, **Proceedings...** Montreal: IBPSA, 2005. p. 847-852. Disponível em: <[http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2005/BS05\\_0847\\_852.pdf](http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2005/BS05_0847_852.pdf)>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- PETERSEN, S.; MOMME, A. J.; HVIID, C. A. A simple tool to evaluate the effect of the urban canyon on daylight level and energy demand in the early stages of building design. **Solar Energy**, v. 108, p. 61-68, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X14003259>>. Acesso em: 27 fev. 2016.
- RUPP, R. F.; GHISI, E. Potencial de economia de energia elétrica através do uso da luz natural e da ventilação híbrida em edifícios comerciais em Florianópolis. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 75-86, 2013. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/37906/28175>>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- STRØMANN-ANDERSEN, J.; SATTRUP, P. A. The urban canyon and building energy use: urban density versus daylight and passive solar gains. **Energy and Buildings**, n.43 p. 2011-2020, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778811001605>>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- VITÓRIA (Município). **Lei nº 4.821, de 30 de dezembro de 1998**. Institui o Código de Edificações do Município de Vitória e dá outras providências. Vitória, 1998.

PARTE 1 QUESTÕES URBANAS

# A sustentabilidade em balneários no Espírito Santo

---

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – BRASIL

Márcia Bissoli-Dalvi

Carolina Castilho Vizeu

Cristina Engel de Alvarez



## Introdução

Diante das atuais demandas a respeito da preservação dos recursos naturais com ênfase à produção de edificações e comunidades sustentáveis, fundamenta-se esta pesquisa, afim de conscientizar os residentes das zonas costeiras, também denominadas balneários, a utilizar os recursos naturais disponíveis e, por conseguinte, potencializar o turismo e a cultura locais.

Balneário é uma região ou área situada à beira-mar destinada a fins de recreação, onde, além dos moradores, recebe turistas em um determinado período do ano, normalmente durante o verão. Dependendo do porte do balneário, destaca-se o predomínio de segundas residências e o volume de população flutuante, com paisagens parcialmente antropizadas, em processo de mudança cultural, podendo ocorrer atividades rurais remanescentes, e com médio potencial de poluição sanitária e estética (PROJETO..., 2006).

Em se tratando de regiões costeiras, o uso das águas para o fim específico do turismo começou a ser explorado a partir do século XX nas praias da Europa, sendo considerado sinônimo de saúde, entretenimento, recreação e culto ao corpo. Já no Brasil, este tipo de turismo surgiu no Rio de Janeiro, expandindo-se para as Regiões Sudeste e Sul e, posteriormente para quase todo o litoral brasileiro. A partir da década de 1970, o Nordeste começou a se destacar como principal destino de turismo de sol e praia no país e a atividade passou a constituir uma das principais bases econômicas nas áreas litorâneas dessa região (BRASIL, 2010).

A Organização Mundial de Turismo (OMT) definiu o turismo como um conjunto de atividades que as pessoas realizam durante suas viagens e estadias em lugares distintos a seu entorno habitual por um período de tempo inferior a um ano, com fins de lazer, negócios e outros motivos não relacionados com o exercício de uma atividade remunerada no lugar visitado (RECOMENDACIONES..., 2010). Para o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o turismo é a atividade econômica que tem se destacado no cenário internacional por apresentar os mais altos índices de crescimento nas últimas décadas e o litoral tem sido um dos principais destinos procurados pelos turistas,

pois seus atrativos naturais (praias de águas límpidas, ambientes naturais preservados, recursos da pesca, beleza da paisagem, entre outros) propiciam uma grande diversidade de atividades de lazer e recreação, sendo decisivos para tal escolha (MINISTÉRIO..., 2006).

O turismo está passando por um processo de globalização (CORMANY; BALOGLU, 2011) e vários países em desenvolvimento já perceberam a importância dessa indústria como motor da economia local (YANG; FIK, 2014), gerando competitividade entre os destinos (DRAGHICI *et al.*, 2015). Essa competitividade refere-se à capacidade que o destino tem de atrair e satisfazer os turistas (ENRIGHT; NEWTON, 2004; TSAI *et al.*, 2009), associada com a prosperidade econômica de longo prazo dos moradores (RITCHIE; CROUCH, 2003), onde tem-se como objetivo final manter e/ou aumentar a renda real dos habitantes (DWYER; KIM, 2003).

Do ponto de vista econômico, as atividades classificadas como de turismo compõem um conjunto diversificado de bens e serviços que engloba desde o agenciamento, o transporte, a hospedagem, a alimentação, o entretenimento, e outras ações mercadológicas que geram emprego e renda, além de impulsionar a integração entre povos, cidades e países (SECRETARIA..., 2010).

O turismo é um dos setores produtivos que mais cresce na zona costeira (MORAES, 2007), contudo, para que este exista, se faz necessário a presença de elementos como a disponibilidade de hospedagem e transporte, a oferta de empregos, a conservação das áreas naturais e das paisagens significativas para a região, a preservação da biodiversidade existente, a criação de infraestrutura adequada ao lazer e turismo, entre outros fatores (MARIANI, 2003). Além desses elementos, para o Ministério do Meio Ambiente (MINISTÉRIO..., 2006), algumas atividades são relevantes na orla da praia, como a disponibilidade de comércio (quiosques, vendedores ambulantes, restaurantes, bares), prestação de serviços (aluguel de barcos e outros equipamentos, cursos de surf, mergulho, etc.), manifestações culturais (festas religiosas ou cívicas) além do lazer (banho de mar, pesca, esportes náuticos, esportes praticados na areia, etc.). No planejamento urbano das áreas com potencial atratividade para o turismo, também de-

vem ser consideradas as atividades praticadas em seu entorno, visto que algumas geram impactos, como é o caso das indústrias, construção civil, mineração, agricultura, pecuária, extrativismo, exploração *offshore* de óleo e gás, entre outras.

Portanto, o critério de indicação das atividades realizadas fora da orla deve ser bem seletivo, exatamente para não incorrer em uma nova caracterização do perfil socioeconômico da zona costeira (MINISTÉRIO..., 2006). Deve-se considerar, por exemplo, o grau de impacto da atividade em relação às condições ambientais da orla, visto que o crescimento proporcionado por tal atividade pode trazer impactos negativos, como a degradação da vegetação, a poluição da água e a perda de biodiversidade em destinos onde o turismo não é controlado (KUO; CHEN, 2009). Esses impactos podem ser sentidos tanto por turistas como, principalmente, pelos moradores locais, sendo um fator que normalmente contribui para o declínio da atividade turística e impede o desenvolvimento sustentável dos balneários.

O tipo de turismo que caracteriza os balneários pode ser definido com base no período em que são utilizados, somado ao tipo de uso, às construções existentes e ao ambiente em que estão inseridos.

De acordo com o MMA (MINISTÉRIO..., 2006), a partir desses dados define-se um cenário e são traçadas estratégias que visam, por exemplo, contribuir para a preservação dos ecossistemas, estimular o uso adequado dos atrativos ambientais existentes e, dinamizar as potencialidades locais. Quanto mais atrativo for o balneário, maior é a necessidade de um planejamento adequado de seu crescimento, principalmente quando se busca a sustentabilidade.

Para que um balneário seja sustentável, com ênfase no turismo, são necessárias a preservação da infraestrutura local, evitar proposições invasivas ao ambiente, atender às necessidades dos turistas e dos residentes de maneira simultânea, contribuindo para a promoção da equidade econômica e social, sem desprezar a cultura regional, a diversidade biológica e os sistemas ecológicos que coordenam a vida (CONFEDERAÇÃO..., 2014).

Além dessas atitudes que contribuem para a manutenção de um balneário, a utilização de recursos como materiais locais nas edificações e obras de infraestrutura urbana; o aproveitamento da ven-

tilação e iluminação naturais com a consequente redução do consumo energético; a valorização das peculiaridades locais, sejam materiais ou imateriais, fortalecem os pressupostos da sustentabilidade e contribuem para o incentivo ao turismo. Assim, através da valorização do potencial local, é possível aproximar os traços da cultura e da arquitetura, melhorando a economia do lugar e, por conseguinte, a qualidade de vida da população.

Cada balneário possui características particulares, com diferenças ou semelhanças, podendo, por exemplo, apresentar problemas ambientais e socioeconômicos que são comumente relacionados às manifestações dos conflitos de uso dos recursos e espaços da orla e de seu entorno. Para a classificação dos balneários, Moraes (2007) propõe uma divisão, de acordo com as regiões onde estão situados nas zonas costeiras e, também, considerando o tipo de uso, conforme a seguir detalhado.

### Balneário Urbano

De acordo com Moraes (2007), os balneários urbanos são localizados dentro dos espaços urbanizados, e podem estar inseridos em cidades pequenas, médias, grandes ou em regiões metropolitanas. Contudo, segundo o mesmo autor, as praias localizadas em cidades de grande porte se destacam por serem predominantemente urbanizadas e terem um alto nível de adensamento populacional e de ocupação do solo. Essa tipologia é caracterizada por possuir ocupação e adensamento de construções à beira-mar, com edificações antigas que já foram utilizadas como segunda residência ou foram substituídas por edificações verticalizadas.

Quanto à localização e infraestrutura, o balneário tipo urbano permite que o usuário usufrua dos benefícios da cidade sem precisar se deslocar e dispõem de serviços diversos para o lazer – como restaurantes e quiosques, hotéis, boates e lojas de artesanato – caracterizando, muitas vezes, um comércio à beira mar. Esses balneários trazem consigo uma infraestrutura que se complementa à beleza natural do local e transformam as praias urbanas em balneários estruturados.

Normalmente os balneários urbanos são utilizados em todas as estações do ano, quer seja no verão, estimulado pelo sol e calor, ou no inverno,

com o predomínio da prática de exercício físico, por exemplo. A maioria dos balneários urbanos brasileiros possuem como infraestrutura calçadas e iluminação noturna, o que possibilita o uso constante. Pode-se citar como exemplos de balneários urbanos no Espírito Santo, a Praia da Costa, em Vila Velha (Figura 01), a Praia de Camburi, em Vitória (Figura 02), ou ainda a Praia do Morro, em Guarapari (Figura 03).

### Balneário de Plano

O balneário de Plano é caracterizado, segundo Moraes (2007), por duas tipologias de praias denominadas unidade de conservação e área de projeto especial ou praia plano. A primeira é conformada por terrenos da beira-mar não ocupados e com população fixa muito pequena ou inexistente, e a segunda pode se manifestar em qualquer situação onde haja, por exemplo, espaço para instalação de um porto ou uma área deserta para empreendimento turístico de grande porte, pois como o autor descreve, a existência do plano é que vai quantificar a região.

Essa tipologia atrai os turistas em períodos de altas temporadas que, normalmente, acontecem durante o verão e em férias escolares, quando o fluxo de visitantes é maior. Nos demais períodos do ano, o fluxo reduz e esses locais ficam praticamente desabitados, propícios à depredação das construções e degradação dos imóveis. Isto ocorre porque o balneário possui uma ocupação bastante seletiva e uma população fixa quase inexistente (MORAES, 2007).

De um modo geral, este tipo de balneário é caracterizado pela existência de paisagens naturais preservadas, sendo este um dos principais fatores que atraem os turistas. Contudo, este turismo é, muitas vezes, sazonal e massivo, o que explica as usuais deficiências de infraestrutura e de serviços, contribuindo, em muitos casos, para a perda de qualidade ambiental e para o desgaste da imagem de certos destinos (MINISTÉRIO..., 2015).

Um exemplo desta tipologia no Espírito Santo é o balneário de Iriri, em Anchieta, no Sul do Estado. Durante o verão, o balneário é caracterizado por um alto fluxo de turistas (Figura 04), enquanto que nos demais períodos do ano o local fica praticamente desabitado (Figura 05). Também exem-

**Figura 01** Praia da Costa – Vila Velha



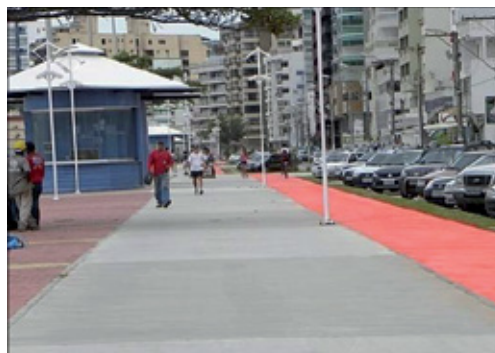
**Fonte** GUIA... acesso em 14 ago. 2015

**Figura 02** Praia de Camburi – Vitória



**Fonte** Folhavoria...acesso em 14 ago. 2015

**Figura 03** Praia do Morro – Guarapari



**Fonte** Acturismo...acesso em 14 ago. 2015

plificam esta categoria, o Distrito de Regência, no Município de Linhares, utilizado principalmente para a prática de surfe. Neste caso, o período mais movimentado ocorre na época de ressaca, quando as ondas estão mais altas, e no período

de desova das tartarugas, sendo este período específico frequentado por grupos de estudantes e pesquisadores. Itaúnas, no norte do Estado, chama a atenção pela movimentação no verão e durante o período do Festival de Forró (Figura 06) que acontece no mês de julho. Nos demais períodos do ano, o balneário caracteriza-se por sua baixa densidade populacional.

### Balneário Suburbano

Este tipo de balneário se configura pela junção das características de um balneário Urbano e o de Plano, destacando-se pela constante movimentação de pessoas, sejam turistas de veraneio, visitantes que frequentam eventos esporádicos – como festivais e eventos promovidos pela comunidade residente –, ou os próprios moradores.

Segundo Moraes (2007), estes balneários estão situados em regiões próximas aos centros urbanos, possuindo população residente e flutuante, com abundância de edificações do tipo “segunda residência”, utilizadas principalmente em finais de semana, feriados, além dos períodos de férias. Nestes locais é possível encontrar infraestrutura de lazer, como bares e restaurantes, que conseguem manter-se em funcionamento durante todo o ano, pela presença contínua de frequentadores.

Alguns balneários caracteristicamente suburbanos no Espírito Santo destacam-se pela existência de manifestações artísticas, religiosas e culturais locais, e são considerados grandes potenciais para a consolidação de uma infraestrutura turística. São exemplos desse tipo os Balneários de Manguinhos (Figura 07), Nova Almeida (Figura 08), ambos no município de Serra e, Barra do Jucu (Figura 09), em Vila Velha.

### Objetivo

Esta pesquisa teve por objetivo caracterizar os balneários do Estado do Espírito Santo, identificando os aspectos positivos e negativos que contribuem ou inibem a implementação de ações voltadas para a sustentabilidade, pautada nos pilares ambiental, social, econômico e cultural.

### Metodologia

Os procedimentos metodológicos dessa pesquisa percorreram 3 etapas. Na etapa 1, fundamen-

tação teórica, foi possível definir e caracterizar os balneários, sendo adotado o conceito proposto por Mores (2007) e aplicável a esta pesquisa, categorizados em Urbano, de Plano e Suburbano, conforme anteriormente explicitado. Isto possibilitou a estruturação da etapa 2, que consistiu no mapeamento dos balneários existentes no Estado do Espírito Santo, sendo utilizados como base referencial para locação e identificação, os mapas das sedes municipais disponibilizados pelo Instituto Jones dos Santos Neves (INSTITUTO..., acesso em 09 jul. 2015). Na etapa 3 foram identificados os elementos impulsionadores da sustentabilidade, particularmente nos Balneários denominados Suburbanos, visto a dinâmica e as potencialidades apresentadas nestes locais específicos. Os resultados também foram complementados com a identificação de fatores limitantes à efetiva implementação de incentivo à sustentabilidade nestes locais.

### Análise dos resultados

O litoral do Espírito Santo possui muitos balneários com peculiaridades próprias e que são frequentemente utilizados nos períodos de verão. Contudo, em outras estações muitos deles ficam praticamente inabitados, particularmente os balneários caracterizados como de Plano. Isto ocorre devido à falta de infraestrutura do local e da população não ser residente, o que ocasiona baixa movimentação da economia durante os outros meses, gerando desinteresse do poder público e, portanto, a falta de melhorias locais, abrindo espaço para que os balneários Urbanos e Suburbanos sejam frequentemente mais habitados.

Já os Balneários Urbanos recebem mais investimentos e são mais estruturados se comparados aos demais. Situam-se em regiões consolidadas e são movimentados durante todo o ano, tanto pela economia quanto pela presença constante de pessoas. Esta tipologia normalmente é adensada e possui construções verticalizadas em praticamente toda a orla, não permitindo grandes modificações futuras.

Diferentemente deste balneário, a tipologia do Suburbano permite novas construções, concedendo a possibilidade de planejar um melhor aproveitamento dos recursos, seja por exemplo, pelo

**Figura 04** Iriri no período de verão - Anchieta



**Fonte** Folhavoria... acesso em 24 abr. 2015

**Figura 05** Iriri no período de baixa temporada - Anchieta



**Fonte:** Folhavoria... acesso em 24 abr. 2015.

**Figura 06** Forró de Itaúnas



**Fonte:** FORRÓ... acesso em 10 jan. 2016.

**Figura 07** Tradições culturais no Festival Manguinhos Gourmet - Serra



**Fonte** MANGUINHOS..., acesso 11 jan. 2016

**Figura 08** Igreja histórica de Reis Magos, em Nova Almeida - Serra



**Fonte** ARREBOLA, acesso em 09 jan. 2016

**Figura 09** Congo na Barra do Jucu - Vila Velha



**Fonte** BARRA..., acesso 11 jan. 2016



posicionamento das edificações no sítio urbano ou pela utilização de recursos naturais disponíveis localmente. Possuem baixo adensamento populacional, construções com padrão típico de 2 pavimentos, além de possuírem áreas de preservação ambiental ainda conservadas. Soma-se também a vivência contínua proporcionada pelos residentes e pelos frequentes eventos organizados pelas comunidades locais, como os festivais que atraem tanto os moradores como os turistas em todos os períodos do ano. Tais características demonstram que estes possuem grande potencial para o investimento em estruturação pautada pela sustentabilidade e que pode servir de referencial para outros tipos de balneários.

Conforme os atributos apontados por Moraes (2007), foi possível caracterizar os balneários do Espírito Santo, conforme demonstrado na Figura 10.

Com este levantamento foi possível constatar que o litoral do Espírito Santo possui 102 balneários, sendo 12 Urbanos, 75 Balneários de Plano e 15 Suburbanos. Dentre estes últimos, destaca-se que a maior parte está localizada na região metropolitana ou próxima a ela, o que reforça o pressuposto de que os usuários residem em uma área litorânea e trabalham nas proximidades, ou mesmo, utilizam-na como "segunda residência", o que garante uma movimentação constante ao local, evitando depredações. Além dessa característica, os balneários atraem turistas que buscam diversificação, intensificação e articulação dos produtos turísticos, garantido competitividade e desenvolvimento sustentável ao local (BENUR; BRAMWELL, 2015).

Os balneários Suburbanos se diferenciam por estarem movimentados durante todo ano e possuírem uma infraestrutura de lazer que garante o turismo cultural, pois esta tipologia é lembrada frequentemente como ferramenta de neutralização da sazonalidade, uma vez que atinge uma grande maioria de visitantes que não fazem parte da população local. Esses turistas tem uma propensão para consumir e, em geral, possuem renda média mais elevada, gastando com produtos locais de qualidade, como restaurantes, bebidas típicas e artesanatos, além de participarem dos eventos culturais, como shows, concertos e exposições, visto que esses produtos possuem maior valor agregado (FIGINI; VICI, 2012).

Portanto, visando os benefícios que a comunidade pode ganhar com o turismo e a revitalização das tradições locais (LINDBERG; JOHNSON, 1997), esse tipo de balneário foi utilizado como estudo de caso da pesquisa.

### Aspectos inerentes ao conceito de sustentabilidade identificados nos balneários suburbanos do Espírito Santo

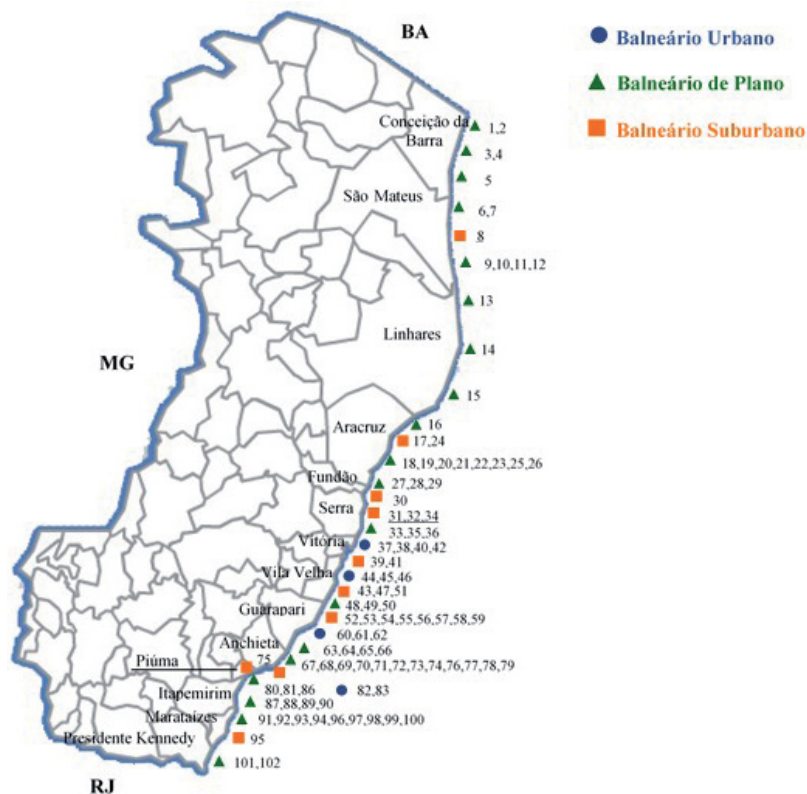
De acordo com Fernández-Güell (2014), os estudos referentes a planejamento de turismo têm sido menos utilizados porque parecem proporcionar pouco valor agregado, contudo, o modelo de transição gradual facilita o projeto espacial de destinos turísticos e envolve processos que ajudam a identificar tendências futuras e formular projetos urbanos.

Para estimular estudos nesta área foram consideradas as características dos balneários do Espírito Santo e, visando o futuro dessas regiões, foram realizadas análises específicas nos Balneários Suburbanos, cuja síntese encontra-se demonstrada no quadro 1, com os aspectos que impulsionam ou restringem a sustentabilidade, considerando a base conceitual da sustentabilidade, nas dimensões ambiental, social, econômica e cultural.

Analisando as dimensões elencadas com seus aspectos positivos e negativos para balneários Suburbanos, nota-se que eles se relacionam com o turismo em prol do melhoramento da economia, da infraestrutura e da sustentabilidade. Vale destacar que os aspectos positivos ainda se apresentam de forma tímida nesses locais e que muitos deles precisam ser valorizados para que, de fato, possam ser considerados como elementos ativos, tanto do ponto de vista econômico como nos demais aspectos avaliados. Para alguns autores, as atrações turísticas são fundamentais para apoiar o desenvolvimento do turismo local, visto que eles são os elementos centrais dos produtos turísticos (ELLERBROCK; HITE, 1980; RADISIC; BASAN, 2007; ROSENTRAUB; JOO, 2009) e que, dentro de um destino, as atrações turísticas necessárias devem fornecer oportunidades de recreação e entretenimento para os visitantes que chegam, com o objetivo de satisfazer a sua principal motivação de viagem (SALAZAR *et al.*, 2001).

Já em relação aos aspectos negativos, muitos deles dependem de investimentos, seja do poder público ou da iniciativa privada para que sejam

Figura 10 Identificação dos balneários no Espírito Santo



- |                          |                        |                           |                              |                         |
|--------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------|
| 1-Riacho Doce            | 21-Praia dos Padres    | 44-Praia da Costa         | 65-Balneário de              | 83-Praia de Acaiaca     |
| 2-Itaúnas                | 22-Praia da Sauna      | 45-Praia de Itapoá        | Meaipe                       | 84-Itaputanga           |
| 3-Guaxindiba             | 23-Coqueiral           | 46-Praia de Itaparica     | 66-Porto Grande              | 85-Jardim Maily         |
| 4-Centro-Praia da Barra  | 24-Santa Cruz          | 47-Barra do Jucu          | 67-Maimbá                    | 86-Monte Aghá           |
| 5-Praia da Bugia         | 25-Gramutê             | 48-Praia dos Recifes      | 68-Praia de Ubu              | 87-Ilha dos Franceses   |
| 6-Praia do Abricó        | 26-Praia Formosa       | 49-Praia Grande           | 69-Parati                    | 88-Praia de Itaipava    |
| 7-Praia do Projeto Tamar | 27-Praia Costa Azul    | 50-Praia da Baleia        | 70-Praia de Guanabara        | 89-Praia de Itaoca      |
| 8-Guriri                 | 28-Rio Preto           | 51-Ponta da Fruta         | 71-Castelhanos               | 90-Praia de Gamboa      |
| 9-Praia do Bosque        | 29- Enseada das Garças | 52-Recanto da Sereia      | 72-Ponta dos Castelhanos     | 91-Pontal da Barra      |
| 10-Barra Nova            | 30-Praia Grande        | 53-Setiba                 | 73-Vila Residencial Anchieta | 92- Barra de Itapemirim |
| 11-Campo Grande          | 31-Nova Almeida        | 54-Una                    | 74-Jardim das Oliveiras      | 93-Cidade Nova          |
| 12-Urussuquara           | 32-Jacaraípe           | 55-Pontal de Santa Mônica | 75-Centro - Anchieta         | 94-Ilmenita             |
| 13-Pontal de Ipiranga    | 33-Praia da Baleia     | 56-Santa Mônica           | 76-Praia do Coqueiro         | 95-Centro - Piúma       |
| 14-Povoação              | 34-Maguinhos           | 57-Perocão                | 77-Ponta Grossa              | 96-Atlântico            |
| 15-Regência              | 35-Bicanga             | 58-Três Praias            | 78-Inhaúma                   | 97-Nova Marataízes      |
| 16-Praia das Conchas     | 36-Carapebus           | 59-Aldeia da Praia        | 79-Iriri                     | 98-Lagoa do Siri        |
| 17-Barra do Sahy         | 37-Praia de Camburi    | 60-Praia do Morro         | 80-Bairro de Lurdes          | 99-Praia dos Caçoes     |
| 18-Puriti                | 38-Praia do Canto      | 61-Centro                 | 81-Portinho                  | 100-Boa Vista           |
| 19-Mar Azul              | 39-Ilha do Frade       | 62-Ipiranga               | 82-Centro                    | 101-Praia de Marobá     |
| 20-Praia do Saue         | 40-Curva da Jurema     | 63-Lameirão               |                              | 102-Praia das Neve      |
|                          | 41-Ilha do Boi         | 64-Vila Guaibura          |                              |                         |
|                          | 42-Enseada do Suá      |                           |                              |                         |
|                          | 43-Praia do Ribeiro    |                           |                              |                         |

concretizados. Os moradores e turistas também contribuem para o surgimento de problemas, como por exemplo, a degradação e o desrespeito às áreas de proteção ambiental. Nestes casos, campanhas educacionais são necessárias para uma conscientização constante, associado às iniciativas que demonstrem que o potencial ambiental pode ser revertido em ganhos econômicos quando vinculados à atividade turística. Soma-se também a possibilidade de campanhas em prol da valorização dos costumes, da culinária, das tradi-

ções, das paisagens locais, o que pode contribuir com a ampliação do senso de pertencimento, favorecendo a fixação da população e o respeito do visitante pelo patrimônio local.

Este quadro foi esquematizado afim de servir como um impulsionador da sustentabilidade nos balneários, considerando o turismo como elemento central, unindo todos os aspectos em prol desse objetivo, pois o turismo é hoje um dos setores mais dinâmicos da economia global (OMT,

**Quadro 1** Aspectos positivos e negativos relacionados ao potencial de sustentabilidade nos Balneários Suburbanos do Estado do Espírito Santo

| DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE | ASPECTOS POSITIVOS   | ASPECTOS NEGATIVOS   |
|-------------------------------|--|--|
| DIMENSÃO AMBIENTAL            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de recursos naturais;</li> <li>• Potencial de aproveitamento de ventilação e iluminação natural nas edificações;</li> <li>• Potencial de aproveitamento do sol e vento para geração de energia a partir de fontes renováveis;</li> <li>• Região com índice pluviométrico que favorece a captação das águas de chuva para reuso;</li> <li>• Proximidade de locais para recolhimento e triagem de resíduos sólidos destinados à reciclagem; e</li> <li>• Paisagem preservada.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inserção de construções de forma desordenada no sítio urbano prejudicando o conforto proporcionado pela ventilação e iluminação naturais;</li> <li>• Ocupação desordenada ou irregular em áreas de preservação ou ilegais;</li> <li>• Degradação da vegetação próxima às orlas;</li> <li>• Poluição das águas por meio de deposição de esgoto e lixo de forma inadequada;</li> <li>• Pouco investimento em infraestrutura urbana que possibilite, por exemplo, o transporte alternativo como ciclovias; e</li> <li>• Baixo uso de materiais regionais nas construções.</li> </ul> |
| DIMENSÃO SOCIAL               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prática crescente de esportes aquáticos;</li> <li>• Existência de associações voltadas para aspectos relacionados à qualidade de vida dos residentes e/ou preservação de seus valores intrínsecos.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo investimento em infraestrutura para o atendimento ao turista;</li> <li>• Pouco investimento em infraestrutura que possibilite a prática de esportes; e</li> <li>• Deficiência de infraestrutura urbana e de serviços que incentivem a permanência dos moradores nesses locais.</li> </ul>   |
| DIMENSÃO ECONÔMICA            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencialidade para a geração de emprego e renda; e</li> <li>• Atividades locais que favorecem a vivência constante de moradores e visitantes, movimentando também a economia.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inchaço dos balneários em determinados períodos do ano em contrapartida ao esvaziamento nas demais épocas;</li> <li>• Baixo incentivo para o crescimento sustentável que valorize e preserve o potencial ambiental e cultural local; e</li> <li>• Baixo incentivo à geração de emprego e renda estimulados pela valorização das potencialidades locais em prol do turismo.</li> </ul>   |
| DIMENSÃO CULTURAL             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existência de edifícios históricos, sendo alguns tombados pelo patrimônio;</li> <li>• Presença de tradições culturais locais, como o congo; e</li> <li>• Marcante culinária típica com pratos variados de frutos do mar, com destaque para a moqueca capixaba.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa divulgação da diversidade de costumes, músicas e gastronomia;</li> <li>• Pouca aproximação dos traços da cultura e da arquitetura; e</li> <li>• Necessidade de manutenção nos edifícios e nos locais que são representativos ao patrimônio cultural e paisagístico.</li> </ul>  |

2012). Este quadro também demonstra que muitos aspectos negativos podem ser melhorados com a ajuda do poder público, pois segundo Bernini e Pellegrini (2013), a motivação de ajuda pública pelo turismo aparece em muitos países e regiões em desenvolvimento, propondo programas de subsídios que são explicitamente mencionadas como estratégia de desenvolvimento do país, podendo ter efeitos significativos e positivos sobre o crescimento econômico (RELATÓRIO..., 2006).

O turismo não depende somente de ajuda pública ou dos residentes e turistas mas também, de uma região que atraia pela natureza e pelos seus aspectos positivos. Foi seguindo esse conceito que Concu e Atzeni (2012) descreveram que a relação entre os ambientes de turismo e de acolhimento são bastante complexas e que o desenvolvimento do turismo depende de características e qualidade dos recursos naturais, culturais, patrimoniais, entre outros, a qual o balneário Suburbano cumpre todos os quesitos. Contudo, esses recursos também agregam um turismo de massa em ocasiões como férias e festivais, podendo intensificar os impactos como a degradação dos recursos.

## Conclusões

Com a realização desta pesquisa, foi possível constatar que existem diversas tipologias de balneários e entre os 3 tipos pesquisados, foram identificados, no Estado do Espírito Santo, 102 balneários, cada qual com suas peculiaridades. Suas principais características se apoiam nas atividades relacionadas ao mar e nas paisagens naturais, assim como na existência de um patrimônio histórico e nos festivais culturais. Particularmente, nos Balneários Suburbanos, a análise constatou que esses são utilizados pelos residentes fixos, os de segunda residência e os turistas que prestigiam as atividades da região sendo, portanto, movimentados durante todo o ano, possuindo grande potencial de investimento e se tornando mais atrativos. Suas características foram fundamentais para que se realizasse um estudo específico, que gerou referenciais ambientais, sociais, econômicos e culturais em função dos aspectos positivos e negativos e que tem como intuito impulsionar a sustentabilidade desses balneários. Esses resultados podem servir de referência para outros com características similares.

Os resultados obtidos demonstram ainda que os efeitos do turismo podem atuar como impulsionador da economia e do desenvolvimento e podem contribuir para dinamizar as potencialidades locais quanto ao uso dos recursos de forma sustentável. Foi possível identificar também que os resultados enfatizam a valorização dos costumes, das tradições e das paisagens locais que contribuam para a fixação da população e para o respeito do visitante com o patrimônio, incentivando ambos a utilizarem princípios sustentáveis tanto nas construções como no estilo de vida.

## Referências

- ACTURISMO. **Nova orla da Praia do Morro**. Disponível em: <<http://www.acturismo.com.br/fotos/20/nova-orla-da-praia-do-morro>>. Acesso em: 14 ago. 2015.
- ARREBOLA, Fabio. **Vista desde Praia Grande da Igreja dos Reis Magos em Nova Almeida - Serra - ES**. Disponível em: <[http://www.panoramio.com/photo\\_explorer#view=photo&position=6402&with\\_photo\\_id=34864905&order=date\\_desc&user=634496](http://www.panoramio.com/photo_explorer#view=photo&position=6402&with_photo_id=34864905&order=date_desc&user=634496)>. Acesso em: 09 jan. 2016.
- BARRA do Jucu.com. **Congo na Barra**: Cultura e tradição. Disponível em: <<http://www.barradojucu.com/>>. Acesso em: 11 jan. 2016.
- BENUR, A. M.; BRAMWELL, B. Tourism product development and product diversification in destinations. **Tourism Management**, v. 50, p. 213–224, 2015.
- BERNINI, Cristina; PELLEGRINI, Guido. Is subsidising tourism firms an effective use of public funds? **Tourism Management**, v. 35, p. 156–167, 2013.
- BRASIL, Ministério do Turismo. **Turismo Cultural**: orientações básicas. Ministério do Turismo, Secretaria Nacional de Políticas de Turismo, Departamento de Estruturação, Articulação e Ordenamento Turístico, Coordenação-Geral de Segmentação. 3. ed. Brasília: Ministério do Turismo, 2010.
- CONCU, N.; ATZENI, G. Conflicting preferences among tourists and residentes. **Tourism Management**, v. 33, p. 1293–1300, 2012.
- CONFEDERAÇÃO Nacional do Turismo – CNTur. **Turismo Sustentável**. Disponível em: <[http://www.cntur.com.br/turismo\\_sustentavel.html](http://www.cntur.com.br/turismo_sustentavel.html)>. Acesso em: 01 nov. 2014.
- CORMANY, D.; BALOGLU, Ş. Medical travel facilitator websites: An exploratory study of web page

- contents and services offered to the prospective medical tourist. **Tourism Management**, v. 32, p. 709–716, 2011.
- DRAGHICI, C. C.; PINTILII, D. R.; PEPTENATU, D.; COMANESCU, L. G.; SIRODOEV, I. The Role of SPA Tourism in the Development of Local Economies from Romania. **Procedia Economics and Finance**, v. 23, p. 1573–1577, 2015.
- DWYER, L. M.; KIM, C. Destination competitiveness: determinants and indicators. **Tourism Analysis**, v. 9, p. 91–101, 2004.
- ELLERBROCK, M. J.; HITE, J. C. Factors affecting regional employment in tourism in the United States. **Journal of Travel Research**, v. 18, p. 26–32, 1980.
- ENRIGHT, M. J.; NEWTON, J. Tourism destination competitiveness: a quantitative approach. **Tourism Management**, v. 25, p. 777–788, 2004.
- FERNÁNDEZ-GÜELL, J. M.; COLLADO, M. Foresight in designing sun-beach destinations. **Tourism Management**, v. 41, p. 83–95, 2014.
- FIGINI, P.; VICI, L. Off-season tourists and the cultural offer of a mass-tourism destination: The case of Rimini. **Tourism Management**, v. 33, p. 825–839, 2012.
- GUIA turístico de Vila Velha: Sol e Praia – Praia da Costa. Disponível em: <<http://www.vilavelha.es.gov.br/guiaturistico/sol-e-praia.html>>. Acesso em: 14 ago. 2015.
- FOLHAVITORIA. **Conheça o Balneário de Iriri**. Disponível em: <<http://www.folhavitoria.com.br/entretenimento/blogs/elogali/2014/01/28/conheca-o-balneario-de-iriri/>>. Acesso em: 24 abr. 2015.
- FOLHAVITORIA. **Dica para o entardecer**. Calçada de Camburi. Disponível em: <<http://www.folhavitoria.com.br/entretenimento/blogs/elogali/2014/01/dica-para-o-entardecer-calcadao-de-camburi/>>. Acesso em: 14 ago. 2015.
- FORRÓ de Itaúnas. **Fotos: Cliques legais**. Disponível em: <<http://forrodeitaunas.com/fotos/album01.php?id=11>>. Acesso em: 10 jan. 2016.
- INSTITUTO Jones Santos Neves. **Base de dados dos municípios do Espírito Santo**. Disponível em: <[http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=109](http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=109)>. Acesso em: 09 jul. 2015.
- KUO, N. W.; CHEN, P. H. Quantifying energy use, carbon dioxide emission, and other environmental loads from island tourism based on a life cycle assessment approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, p. 1324 e 1330, 2009.
- LINDBERG, K.; JOHNSON, R. L. Modelling resident attitudes toward tourism. **Annals of Tourism Research**, v. 24, p. 402–424, 1997.
- MANGUINHOS: um paraíso no Espírito Santo. **Galeria de fotos - 6º Festival Manguinhos Gourmet**. Disponível em: <<http://www.manguinhos.org.br/pgi/1357/6-festival-manguinhos-gourmet/2/>>. Acesso em: 11 jan. 2016.
- MARIANI, M. A. P. **Turismo e Meio Ambiente no Paraíso das Águas**. Campo Grande: UCDB, 2003.
- MINISTERIO do turismo. **Turismo de sol e praia**. Disponível em: <[http://opencms.itlab.com.br/turismo/programas\\_acoes/regionalizacao\\_turismo/estruturacao\\_segmentos/sol\\_praia.html](http://opencms.itlab.com.br/turismo/programas_acoes/regionalizacao_turismo/estruturacao_segmentos/sol_praia.html)>. Acesso em: 15 abr. 2015.
- MORAES, A. C. R. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil**. Elementos para uma Geografia do Litoral Brasileiro. São Paulo: Annablume, 2007.
- OMT, Organização Mundial de Turismo. **UNWTO – Annual Report, 2012**. Disponível em: <[http://dtxqt4w60xqpw.cloudfront.net/sites/all/files/pdf/annual\\_report\\_2012.pdf](http://dtxqt4w60xqpw.cloudfront.net/sites/all/files/pdf/annual_report_2012.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2015.
- PROJETO ORLA: Fundamentos para gestão integrada. Brasília: MMA, 2006. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/\\_arquivos/11\\_04122008111238.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/11_04122008111238.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2015.
- RADISIC B. B.; BASAN, L. The logistics of selling a destination's tourism product. **Tourism & Hospitality Management**, v. 13, p. 725–732, 2007.
- REDOMENDACIONES internacionales para estadísticas de turismo 2008. Nova York/Madrid: Naciones Unidas Organización Mundial del Turismo, 2010.
- RELATÓRIO Mundial do comércio. **World Trade Report** Exploring the links between subsidies, trade, and the WTO. Geneva: World Trade Organization, 2006.
- RITCHIE, J. R. B.; CROUCH, G. I. **The competitive destination. A sustainable tourism perspective**. Oxon-UK: CABI Publishing, 2003.

ROSENTRAU, M. S.; JOO, M. Tourism and economic development: Which investments produce gains for regions? **Tourism Management**, v. 30, p. 759–770, 2009.

SALAZAR, J. P.; CHANG, S.; GIRARD, T. C. Visitor sharing among country attractions and hotel. **Journal of Hospitality & Leisure Marketing**, v. 8, p. 33–43, 2001.

SECRETARIA de Estado do Turismo. **Plano de Desenvolvimento Sustentável do Turismo do Estado do Espírito Santo 2025**. Vitória: Governo do Estado do Espírito Santo, 2010.

TSAI, H.; SONG, H.; WONG, K. Tourism and hotel competitiveness research. **Journal of Travel & Tourism Marketing**, v. 26, p. 522–546, 2009.

YANG, Y.; TIMOTHY, F. Spatial effects in regional tourism growth. **Annals of Tourism Research**, v. 46, p. 144–162, 2014.

# Potencial solar en el crecimiento urbano

---

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO – CHILE

Sergio Baeriswyl Rada

Rodrigo García Alvarado

Natalia Sandoval Quezada



## Introducción

Las áreas urbanas son relevantes consumidores de energía (CASTILLO; MALDONADO, 2004; FISSORE, 2009; CDT, 2010), mayormente basada en fuentes carbonizadas con expectativas cercanas de agotamiento, por lo que la captación de radiación solar para los consumos domésticos en sectores urbanos es una posibilidad relevante para los edificios (IEA, 2009; LUND, 2012). Sin embargo, la posibilidad de aprovechar la energía solar en las construcciones es muy diferenciada según la morfología del terreno o de las propias edificaciones que pueden producir sombreadamientos (PEREZ *et al.*, 2002; GRAUTHOFF *et al.*, 2012; REDWEIC *et al.*, 2013). Por lo anterior, este capítulo presenta una metodología de análisis del potencial solar en modelos territoriales urbanos, mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), y revisa su aplicación en sectores del área de la ciudad de Concepción, Chile, para plantear su utilización en la planificación y diseño urbano.

Concepción es la segunda área metropolitana del país con una población de 987.996 habitantes. Esta área está conformada por un complejo sistema de centros urbanos, organizado administrativamente a través de 11 comunas. En su mayoría se trata de núcleos urbanos que tuvieron un origen fundacional propio, pero que en el tiempo sumaron a su desarrollo un cierto nivel de dependencia, que terminó asignando a cada uno funciones específicas para el conglomerado. La evolución de este sistema urbano muestra en la actualidad una cierta unidad, que se refuerza por la creciente conurbación de estos centros entre sí, y que fortalece la gran solidaridad funcional que los une y que los muestra como el Gran Concepción.

La estructura urbana del Gran Concepción es el resultado de una ocupación condicionada por las características de su territorio y rol que en ella ha jugado el desarrollo de las actividades económicas. En su funcionamiento se constata una fuerte gravitación centrífuga, que tiene como foco a la comuna central, la que asume un fuerte rol de servicios para todo el sistema, y que se ha consolidado con múltiples funciones asociada a su jerarquía administrativa, como capital de la Región del Bío Bío.

La extensión del Gran Concepción ya alcanza las 13.000 ha y el dinamismo de su crecimiento de-

manda en promedio 88 ha de nuevo suelo por año, necesario para satisfacer las necesidades de su actividad residencial y de servicios. Si bien este crecimiento por extensión muestra una atenuación en el último quinquenio, éste se debe a una creciente densificación de la estructura, que ha llevado a incrementar ésta en casi tres habitantes por hectárea en este periodo. La densificación no es un fenómeno de crecimiento reservado para la comuna centro, en este caso más bien se trata de un fenómeno amplio y a veces disperso, que se focaliza en puntos singulares, donde las condiciones de accesibilidad o habitabilidad han sido oportunamente aprovechado para el desarrollo de inversiones inmobiliaria relevantes. Pero sin duda este fenómeno de densificación, ha transformado en general la comuna de Concepción y su casco central en particular, donde el valor de este núcleo ha sido aprovechado con mayor intensidad de uso y ha cambiado el tradicional skyline de una ciudad intermedia.

## Metodología

Para conocer el potencial de captación solar se requiere contar primero con un Modelo Digital de Terreno (MDT), el cual corresponde a un archivo ráster con información territorial geográfica, es decir, con la topografía del lugar, mas no con las edificaciones o vegetación presentes. Asimismo, se requiere un programa idóneo, que en este caso fue ArcGis.

El programa cuenta con herramientas para realizar análisis solares, pero de las tres existentes, realmente sólo una de ellas, llamada "Área de radiación solar", servía para conocer la radiación en una gran zona. Dentro de ella, se puede elegir uno de los 4 periodos de análisis disponibles: Todo el año, Varios días en un año, En un día, Días especiales; pudiéndose pedir el resultado de cada intervalo (una hora, un día, un mes en particular) en algunos de ellos. En este caso, el análisis se generó principalmente en torno al año completo, revisándose meses significativos para la captación. Se incluyó el registro del tiempo de procesamiento según el tamaño del ráster y la elección del período de análisis; aun cuando para trabajar se redujo el archivo al mínimo necesario, se muestra en la tabla a continuación la relación de tamaño de un ráster y el tiempo de procesamiento resultante de las pruebas hechas.



Figura 1 Ubicación de Concepción y Mapa Intercomunal esquemático

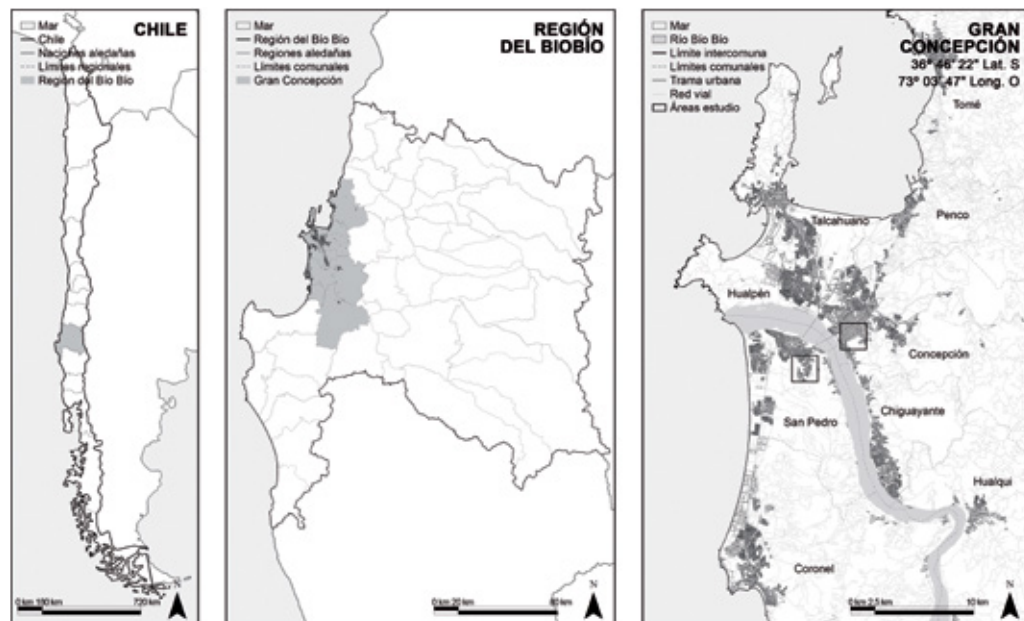
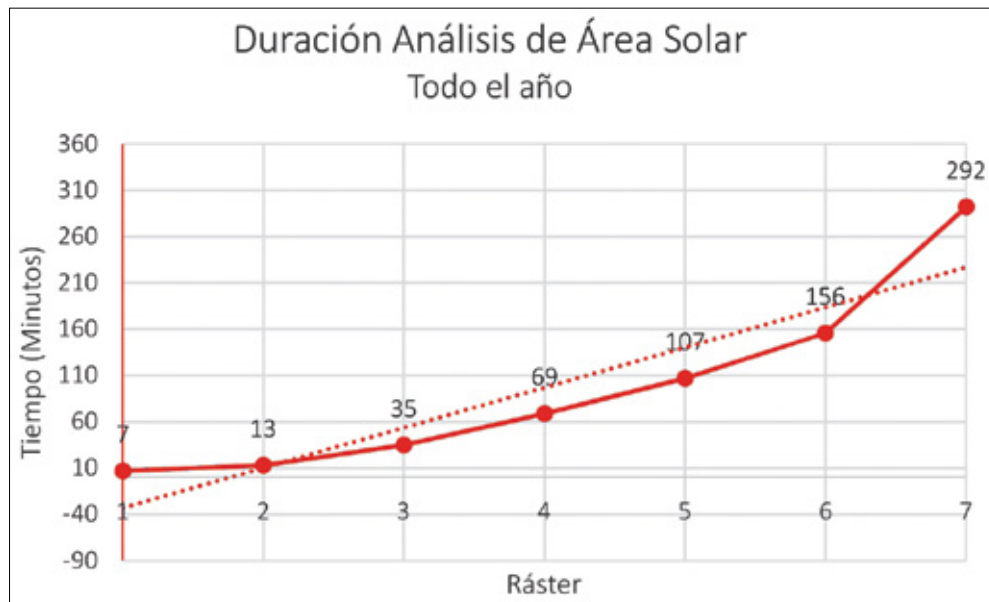


Tabla 1 Relación tamaño ráster y tiempo de procesamiento

| Ráster    | Tamaño polígono | N° pixeles | Configuración                     | Período | Cálculo              | Tiempo análisis |
|-----------|-----------------|------------|-----------------------------------|---------|----------------------|-----------------|
| RÁSTER 01 | 5x5 km          | 1.000.000  | Todo el año con intervalo mensual | Un año  | 12 meses, una salida | 07 minutos      |
| RÁSTER 02 | 7,5x7,5 km      | 2.250.000  | Todo el año con intervalo mensual | Un año  | 12 meses, una salida | 13 minutos      |
| RÁSTER 03 | 10x10 km        | 4.000.000  | Todo el año con intervalo mensual | Un año  | 12 meses, una salida | 35 minutos      |
| RÁSTER 04 | 12,5x12,5 km    | 6.250.000  | Todo el año con intervalo mensual | Un año  | 12 meses, una salida | 69 minutos      |
| RÁSTER 05 | 15x15 km        | 9.000.000  | Todo el año con intervalo mensual | Un año  | 12 meses, una salida | 107 minutos     |
| RÁSTER 06 | 17,5x17,5 km    | 12.250.000 | Todo el año con intervalo mensual | Un año  | 12 meses, una salida | 156 minutos     |
| RÁSTER 07 | 20x20 km        | 16.000.000 | Todo el año con intervalo mensual | Un año  | 12 meses, una salida | 292 minutos     |

**Tabla 2** Aumento del tiempo de procesamiento



Del mismo modo, los datos anteriores fueron llevados a gráfico, donde se aprecia el aumento exponencial del tiempo de procesamiento de los archivos y por ende, del trabajo en sí.

Por supuesto, un archivo con este contenido tiene un tamaño notorio y ciertos requerimientos computacionales, con lo que se debe disminuir el área recortando el ráster al tamaño necesario, para minimizar los tiempos de procesamiento y estudiar sólo la zona pertinente.

Con este método fue posible determinar la radiación anual de la zona, traducida como la cantidad de watts que se reciben en una hora en un metro cuadrado. El dato es relevante pues se obtuvieron las zonas con mayor y menor radiación en la urbe, lo que permite conocer cuáles son las áreas con más o menos potencial de captación. No obstante, el análisis es más bien a nivel macro y en este caso se quería conocer además el nivel de radiación recibida en una pieza de la ciudad según la influencia de las edificaciones construidas en ella.

Se seleccionaron dos áreas en el área urbana de Concepción: Andalué, en San Pedro de la Paz; y Avenida Chacabuco. En el primer caso, se buscó

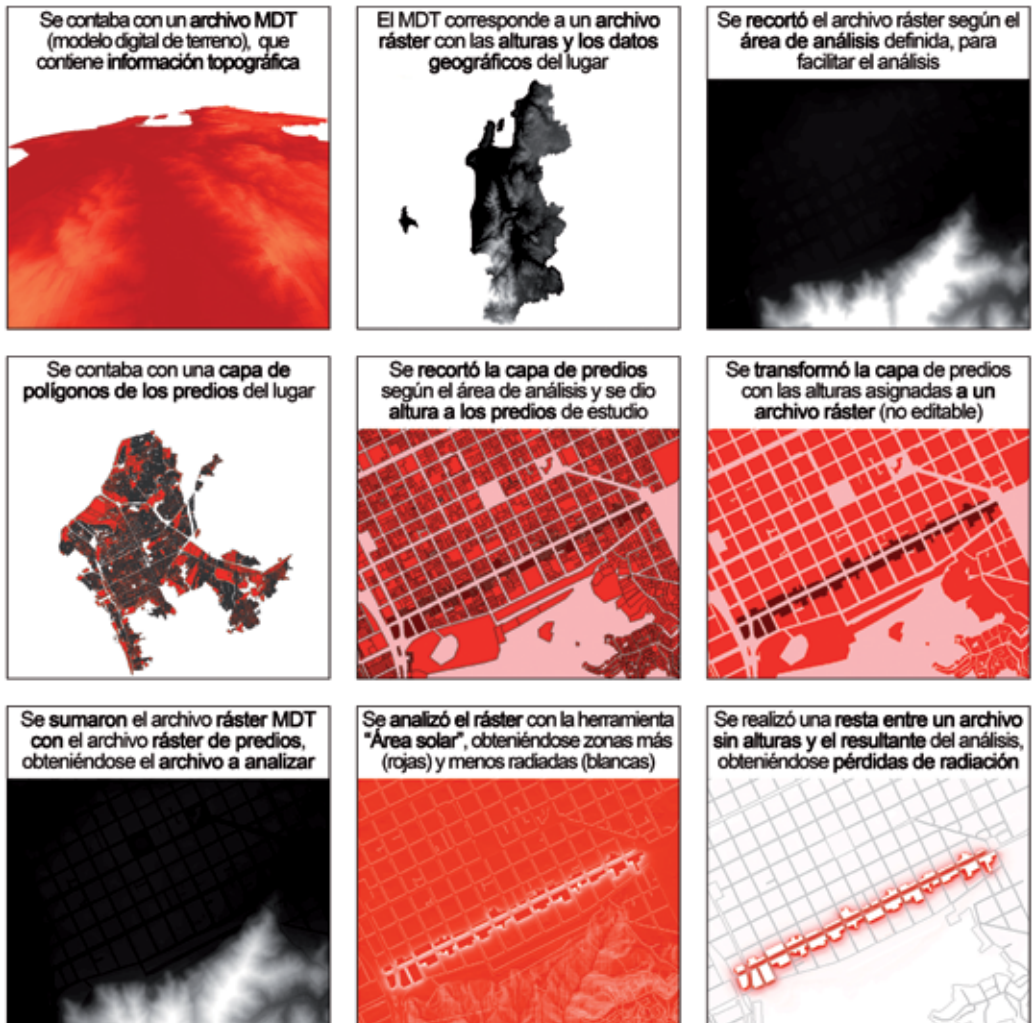
conocer la radiación global en un día y las horas de sol que recibía en el mismo período, por lo que sólo era necesario contar con el MDT, muy relevante por lo demás, ya que es justamente una zona situada en un cerro. En el segundo caso, se quería saber la incidencia que tenía la forma de construir sobre el tejido urbano y las edificaciones circundantes, siendo los factores a considerar la altura de las construcciones simuladas y el porcentaje de ocupación de suelo de éstas, es decir, la elevación y la superficie; para obtener estos datos, no sólo se requería el MDT, sino que fue necesario contar con la información digital de los predios existentes, los que se utilizaron para modelar los escenarios requeridos y de este modo, crear capas con los distintos datos de elevación y superficie que se transformaron en nuevos rásters, que ya podían ser analizados por el programa. No obstante, por supuesto era necesario contar con la información inicial de las condiciones del terreno, por lo que ambos archivos, el MDT y el de la simulación de edificaciones, debieron unirse o montarse, lográndose un único ráster, tanto con la información territorial como de los escenarios hipotéticos de desarrollo. Respecto a ello, el estudio de Chacabuco se dividió en dos fases: por una

parte se analizó la calle completa, como un corredor urbano, considerando una ocupación total de los predios (situación poco real, pero más desfavorable) y alturas variables; por otra, se analizó sólo un trozo de la calle, como pieza urbana, con una misma altura de edificación y ocupaciones de suelo variables.

En el caso de Andalué, en San Pedro, se obtuvieron mapas de asoleamiento, tanto de la radiación recibida como de la duración de ésta, respecto a la topografía del lugar. En el caso de Chacabuco, en Concepción, el resultado fueron mapas de radia-

ción recibida respecto a las alturas y superficies de las edificaciones simuladas. Asimismo, como una forma de conocer la incidencia de ella de las construcciones en la trama en este último, se generó una operación matemática en el programa, utilizando un mapa de radiación base (sin edificaciones), y otro con un escenario hipotético, realizándose una resta que arrojó un nuevo plano con la radiación solar que dejó de recibirse en el tejido por la acción de los edificios, la cual se expresa en números negativos. A grandes rasgos, el proceso llevado a cabo se resume en la matriz correspondiente a la Figura 2.

**Figura 2** Matriz del proceso



El análisis de un MDT aparece como una herramienta para conocer los sectores con mayor asoleamiento en una ciudad, tanto en cantidad de watts como en horas de sol, por lo que permitiría clasificar mejores o peores áreas para construir. Asimismo, las simulaciones de alturas y ocupación de suelo en el mismo, ayudaría a dilucidar la influencia de las edificaciones en el espacio público y en los predios circundantes, y por consiguiente contribuir al diseño de los instrumentos de planificación y las normativas de construcción para la ciudad

### Aplicación en Nuevas Áreas Residenciales

Para revisar la aplicación en nuevas áreas de expansión, se estudió el barrio de Andalué. Este se inicia en 1995, de la mano de un proyecto inmobiliario desarrollado por una empresa homónima. El nombre proviene del *mapudungun* (dialecto Mapuche) y significa "el lugar de la montaña donde el sol está más claro". Respecto a lo anterior, se puede decir que justamente Andalué se sitúa sobre un cerro en la comuna de San Pedro, y que es una zona muy cotizada, precisamente por la vista privilegiada hacia las lagunas Grande y Chica en algunos puntos, por la situación de aislamiento dentro de la ciudad, y porque, como su etimología lo anuncia, tiene en general un buen asoleamiento. En sus inicios aparecía como un suburbio, con una actividad fuertemente residencial, sin embargo, en los últimos años se han ido instalando diferentes servicios, tales como colegios, supermercados, *stripcenters*, restaurantes, etc., los que le han dado cierta dependencia respecto al centro, y aún aumentado el valor agregado de sus suelos. Si bien es un sector relativamente caro, continúa siendo atractivo y por ende, siguen desarrollándose nuevas urbanizaciones.

El barrio se encuentra inserto en el cerro, coexistiendo con la vegetación circundante compuesta de grandes paños de bosque de pino. Para su desarrollo se han utilizado algunos claros entre la arborización e incluso se han talado ciertas zonas. Principalmente, predomina en Andalué una tipología de construcción extensiva y de baja altura, es decir, viviendas unifamiliares de uno o dos pisos que bien se encuentran dispuestas alrededor de la calle o bien conforman un condominio cerrado; asimismo, se han construido

algunos edificios en altura, los que no superan los doce pisos, alrededor de las vías principales o en los márgenes del cerro, donde estos últimos tienen por finalidad aprovechar y vender vistas hacia las lagunas.

Si bien se encuentra en altura, no todas las áreas son provechosas, sobre todo tomando en cuenta que al corresponder a un cerro, el terreno es accidentado y por consiguiente existen zonas que reciben muy poco asoleamiento. Con esto se quiere transmitir que puede parecer un lugar muy atractivo en cuanto al aprovechamiento de la radiación, sin embargo se entiende que en la práctica no es así, por lo que se ha realizado un análisis solar para corroborar los mejores y peores sectores en cuanto a radiación.

En este caso, se realizó un análisis en un día particular del año, el 21 de Junio, el que aparece como el más desfavorable para la radiación. Como se explicó en párrafos anteriores, se generó un análisis para conocer la radiación global que recibía el área, es decir, la cantidad de watts por hora en un metro cuadrado, tal como se aprecia en la Figura 3. En ella se puede observar que existen zonas que reciben muy buena radiación inmediatamente junto a la urbanización, y que del mismo modo hay otras que allí reciben muy poco asoleamiento. Se puede ver que en el lado este de la Laguna Grande existe una franja con radiación provechosa, del mismo modo que en el lado suroeste de la Laguna Chica.

Asimismo, se analizó la zona para saber cuántas son las horas de sol de recibe y por consiguiente cuáles son las áreas más asoleadas en el día escogido. En la Figura 4 es posible ver que la urbanización justamente corresponde a las zonas con más horas de sol en la jornada, y que quedan pequeños cordones entre ellas, con muy bajo asoleamiento y que incluso hay algunos puntos que en el día se encuentran prácticamente en penumbra.

Es interesante manejar estos dos datos, sobre todo pensando en las zonas que vayan a construirse en un futuro próximo. Si bien es cierto, la elección de lugares para expansión urbana depende muchas veces de la topografía, más aun tratándose de un cerro, es también útil conocer las condiciones solares de éstos, pues ayudarían

a escoger las mejores áreas en cuanto a asoleamiento y por ende, con mayor confort. El análisis solar de las zonas a urbanizar aparece como una herramienta para dar valor a los distintos terre-

nos y ver en ellos el potencial para desarrollar sobre todo proyectos inmobiliarios, lo que sería de gran utilidad justamente para aprovechar de mejor manera esos espacios.

**Figura 3** Radiación Andalué



**Figura 4** Duración Andalué



## Aplicación en Morfológicas Céntricas

La Avenida Chacabuco se perfila como una de las calles más importantes de la comuna central de Concepción. Corresponde a una de las arterias de la ciudad en cuanto a flujo vehicular, principalmente particular, en la que además se han instalado numerosas empresas, sobre todo abocadas a los servicios; tales como bancos, seguros, telefonía, etc. Desde hace ya tiempo que se vienen irguiendo en ella edificios en altura, algunos de los cuales superan los veinte pisos. Estas constricciones tienen en su mayoría un fin residencial, densificándose la zona con edificaciones de departamentos que tienen por valor agregado la cercanía con el centro, la Universidad de Concepción y el Parque Ecuador, entre otros, por lo que es un sector atractivo para vivir. Asimismo, existe también un número relevante de edificios con fines comerciales, es decir, constituidos principalmente de algún local en la primera planta y oficinas en los pisos superiores.

La situación actual de Chacabuco podría definirse como una transición, que aunque lenta, es constante; es cierto que las edificaciones en altura destacan, sin embargo, no son predominantes. Aún subsisten muchas viviendas unifamiliares de uno o dos pisos, algunas construcciones comerciales, de similar elevación, y antiguos edificios de departamentos, de no más de cinco pisos. Según Liberona "la tendencia ha sido la construcción de edificios en altura en predios donde se emplazaban viviendas unifamiliares por sobre la demolición de edificaciones de 4 ó 5 pisos para la construcción de edificaciones de mayor altura". En resumen, en Avenida Chacabuco conviven las viviendas bajas, los edificios antiguos de altura media, y las edificaciones nuevas de gran altura, siendo la tendencia la construcción constante de estas últimas, que vienen a reemplazar a las primeras. Justamente debido a esta transición es que parece relevante estudiar el asoleamiento en la zona con miras a generar un desarrollo planificado, que aproveche al máximo las posibilidades de construcción, sin afectar a las edificaciones ya existentes y sobre todo, a sus habitantes. Por todo lo anterior: el escenario en el que se encuentra Chacabuco, su relevancia para la ciudad y por su tendencia de crecimiento, que se ha seleccionado

como zona a analizar. Asimismo, puede ser útil destacar que existe un cerro a pocos metros de la calle, por lo que se verá si éste tiene influencia sobre la radiación.

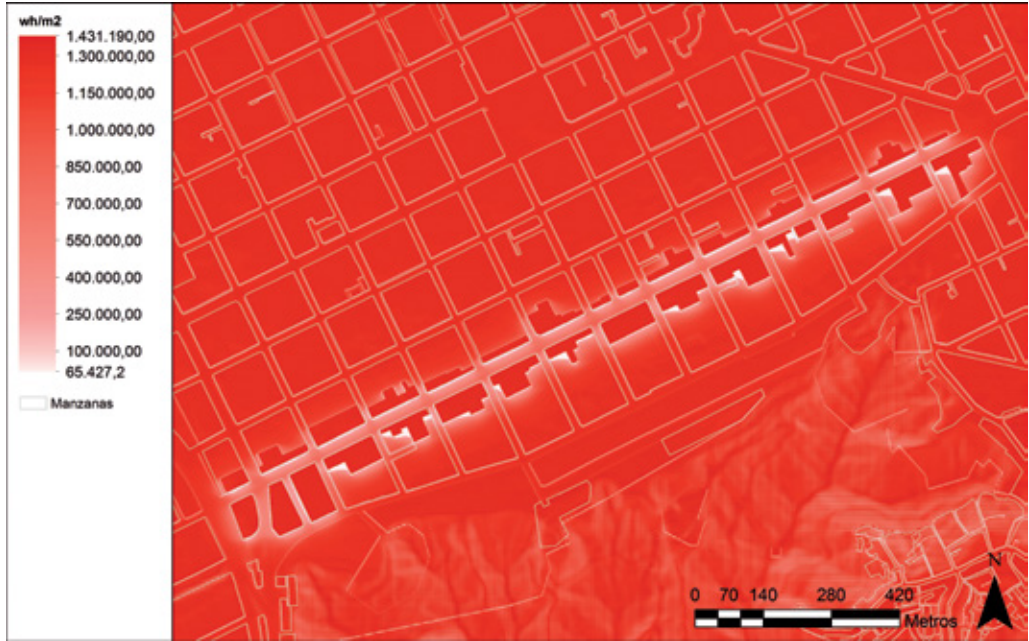
El estudio de la Avenida se dividió en dos partes: la calle como Corredor Urbano, es decir, de punta a cabo; y la calle como Pieza Urbana, seleccionando sólo unas cuadras de ésta. Cabe destacar que dentro de la normativa, Chacabuco está dentro de una zona Cu4, correspondiente a Corredores Urbanos, y que no posee límite de altura, sino una definición de las rasantes máximas. En ambos casos se consideró como base que todos los predios del plano tuvieran una construcción de 3 metros de elevación.

En la primera parte, Chacabuco como Corredor Urbano, se generó un caso hipotético y altamente improbable de desarrollo, tanto por las condiciones actuales que exige el Plan Regulador Comunal Concepción (PRCC), como por la utilización de la lógica, sin embargo, se quiso hacer el ejercicio para demostrar la incidencia de las edificaciones en altura sobre las de menos pisos y la trama urbana en una situación extrema. Se utilizó como criterio la ocupación total de los predios, lo cual en la práctica es imposible para la zona Cu4a, con alturas variables: 12, 36 y 60 metros de altura; pues el objetivo era conocer la influencia de la elevación de los edificios. Los tres escenarios demostraron impactos en su contexto, sin embargo, el primero no puede calificarse como altamente perjudicial, no así el segundo y el tercero. En estos últimos sí se pueden observar incidencias significativas sobre los predios colindantes. En la Figura 5 se puede observar el análisis de Radiación Solar de Todo el año para la simulación de 36 metros de altura, en la cual la mayor radiación la reciben los techos de los edificios simulados, lo que tendría relación con la altura de éstos. Asimismo, alrededor de estos se pueden observar las menores radiaciones, tanto hacia las edificaciones circundantes como hacia la calle; incluso pueden verse algunos conos de extrema sombra, es decir, que reciben muy poca radiación, junto a la fachada sur de los edificios, lo que afectaría directamente a las construcciones vecinas, que dejarían de recibir asoleamiento adecuado.

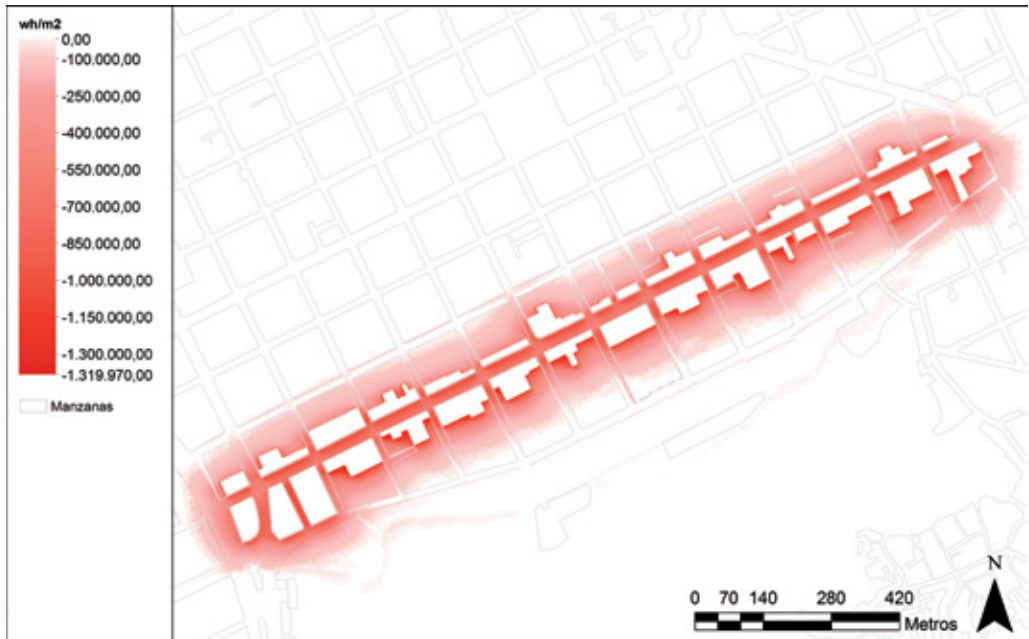
Como se dijo en párrafos anteriores, se consideró una situación base donde todas las edificaciones tuvieran una altura de 3 metros, por lo que también se analizó y se comparó con el resultado ver-

tido en la Figura 5 mediante el programa. Esto se considera como la Pérdida de Radiación Solar del área, debido a la altura de las edificaciones, la que se puede observar en la Figura 6, donde las áreas

**Figura 5** Plano radiación Chacabuco Corredor Urbano



**Figura 6** Plano pérdida radiación Chacabuco Corredor Urbano



inmediatas junto a las fachadas sur son las que más dejan de recibir radiación.

En la segunda parte, Chacabuco como Pieza Urbana, se generaron distintos escenarios de desarrollo, en los que se considera la normativa. Se escogió un trozo de la avenida donde los predios se veían más homogéneos, Chacabuco entre las calles Castellón y Ongolmo, es decir, tres cuadras por ambos frentes. A grandes rasgos, el PRCC permite altura libre, exige 4 metros mínimos de deslinde y 2,5 metros de retranqueo. Se generaron cuatro simulaciones de condiciones: tres flexibles, con menos probabilidades y una estricta, con más probabilidades de ocurrir. En todos los casos se utilizó una misma altura: 60 metros; pues en esta parte del estudio se buscaba conocer la incidencia de la superficie utilizada. En el primer grupo, las simulaciones con normativa flexible, los porcentajes de ocupación de suelo fueron: 50%, 75% y 100%; mientras en la simulación con normativa estricta, el criterio fue utilizar el deslinde y retranqueo mínimo, con la altura escogida.

El resultado de las situaciones por ocupación de suelo fue significativamente variable al ir aumentando ésta, por lo que se puede afirmar que la

superficie ocupada por un edificio si incide en la radiación que reciben las construcciones y predios circundantes. No obstante, como en la etapa anterior, los escenarios no se apegan por completo a la realidad, por lo que el más decidor fue el caso donde sí se consideró por completo la normativa. El resultado de este último puede observarse en a Figura 7, donde se presenta el análisis de Radiación Solar para el mes de Diciembre, en el que se aprecian las mayores radiaciones sobre las techumbres de los edificios, y las menores justo alrededor de éstos, quedando al descubierto una fuerte influencia sobre la calle, pero sobre todo, tras la fachada sur, donde quedan grandes espacios con muy baja radiación.

En este caso también se generó un plano de la Pérdida de Radiación Solar, tomando como base las construcciones con 3 metros de altura para generar la comparación, y en el mismo mes, Diciembre. En la Figura 8 se puede apreciar la gran influencia sobre la captación de radiación que producen las edificaciones simuladas en los terrenos circundantes. Por supuesto, las mayores pérdidas se producen en la inmediatez de los edificios hipotéticos y sobre todo, hacia su fachada

Figura 7 Plano radiación Chacabuco Pieza Urbana

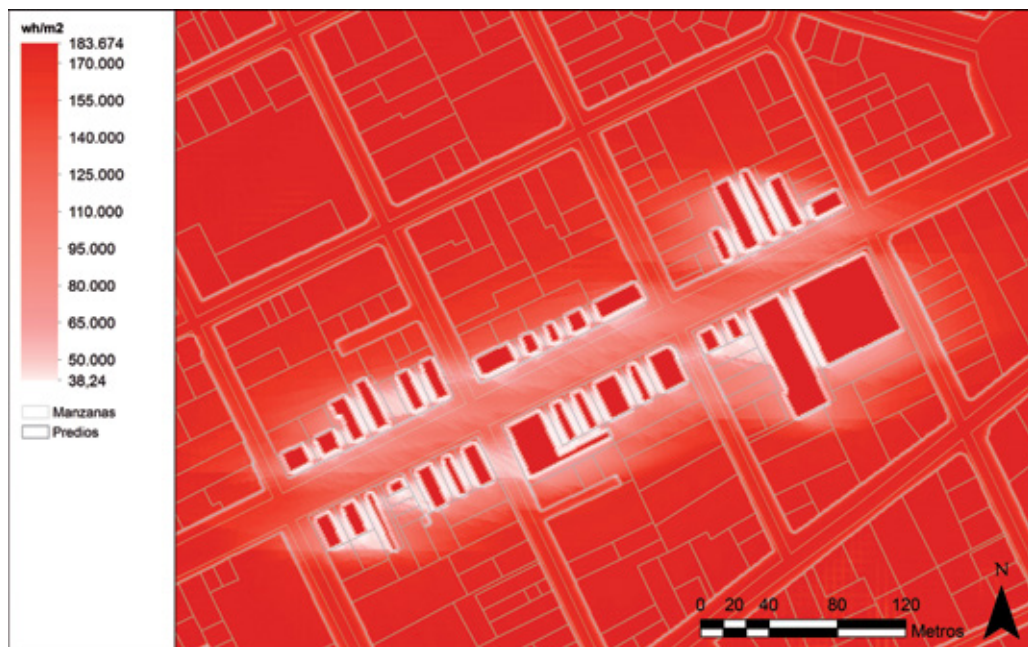
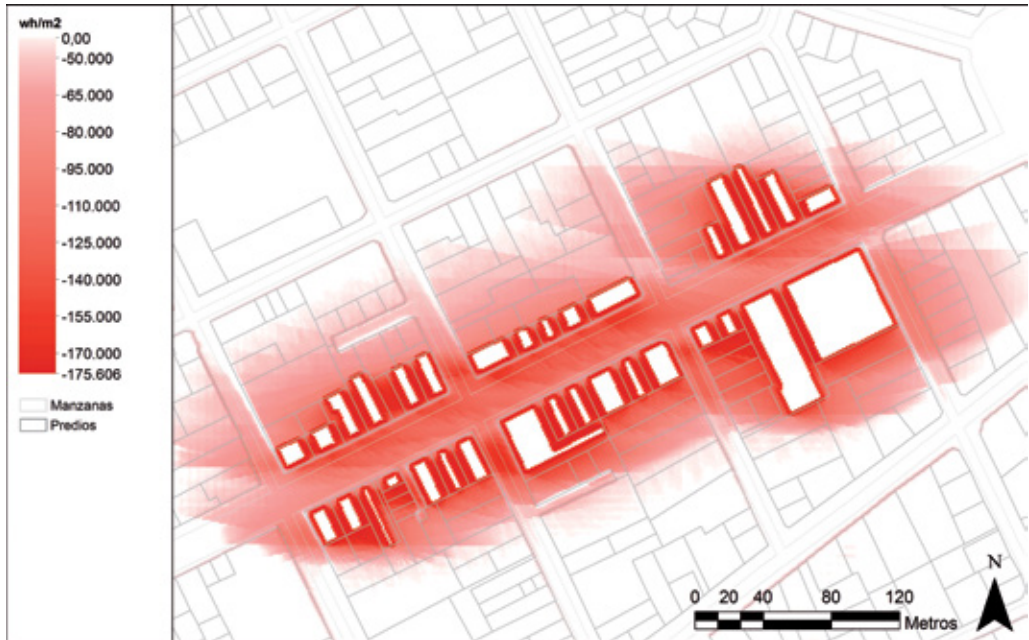




Figura 8 Plano radiación pérdida Chacabuco Pieza Urbana



sur, pero no deja de ser notoria la clara incidencia sobre casi la totalidad de la manzana.

En resumen, respecto a la topografía se puede afirmar que el Cerro Caracol no ejerce ninguna influencia sobre la calle, y respecto a la urbanización, es posible decir que la altura de las edificaciones incide sobre la Radiación Solar que reciben los terrenos a su alrededor, pero que del mismo modo la superficie de ocupación de suelo también influye en el área que se encuentran, donde a mayor ocupación, mayor es la pérdida de radiación. En general, es oportuno decir que se deben considerar ambos factores a la hora de diseñar un edificio.

## Conclusiones

En general, las áreas analizadas reciben una adecuada radiación solar. La primera corresponde a una zona topográficamente muy irregular, sin embargo posee espacios más planos o que se orientan hacia el norte, los que tienen un buen asoleamiento; la segunda es significativamente plana, por lo que la radiación es muy alta y no está influida por el Cerro Caracol, que se encuentra a pocos metros. Por lo anterior, es posible afirmar que respecto al asoleamiento, son zonas prove-

chosas y atractivas, sobre todo Andalué, que ya es un área muy cotizada y que si se sigue urbanizando aprovechando los espacios con mayor radiación, podría beneficiar tanto a los proyectos inmobiliarios como a los nuevos residentes.

Respecto a la influencia de las edificaciones, se puede decir que la altura tiene un impacto sobre la radiación en las techumbres de éstas, y por supuesto, sobre los predios circundantes. Asimismo, la ocupación de suelo, es decir, la superficie que utilizan las nuevas construcciones, incide notoriamente en la captación solar de los edificios a su alrededor, ya que a mayor ocupación se dejan menos espacios entre los edificios y por consiguiente hay menos higienización solar de los predios, lo que resulta en un asoleamiento muy bajo y en un aumento de la humedad. A grandes rasgos a mayor altura y/o mayor superficie de ocupación, menor es la captación de radiación solar o asoleamiento.

Por último, en cuanto a la uso de los análisis solares descritos, pueden servir para conocer la radiación solar sobre una zona o bien las horas de sol que ésta recibe, para elegir las mejores zonas

para generar expansiones urbanas. Por otra, son muy provechosos para comprender la influencia que podrían tener las edificaciones a construirse en un área, y por ende, cuál es la tipología que vendría a ejercer menos incidencia y afectar de menor manera a las construcciones y predios circundantes, lo que serviría como un complemento para los instrumentos de planificación.

El proceso de crecimiento urbano plantea naturalmente múltiples desafíos y complejidades. Mientras la densificación es celebrada como una forma de crecimiento más sustentable y "hacia adentro", por otro lado, este proceso aumenta la demanda por servicios en las áreas más densamente ocupadas. La presión sobre los servicios, los espacios públicos, las áreas verdes y la accesibilidad suelen ser los principales problemas que pueden precipitar un deterioro de la calidad de vida, de no mediar una gestión integral de apoyo a este proceso.

Bajo los principios de sustentabilidad surgen las interrogantes respecto del nuevo escenario urbano que estamos construyendo. En efecto, la pregunta, ¿es más eficiente energéticamente una ciudad compacta o una ciudad densa? o bien, ¿hay mayor potencial energético solar, en un barrio de baja densidad o en los barrios de alta densidad? Son interrogantes que subyacen a la pregunta de investigación, y a las posibilidades de disponer de mejores herramientas para optimizar los procesos de crecimiento urbano.

## Referencias

BALBAO, M.; JORDÁN, R.; SIMIONI, D. **La ciudad inclusiva**. Santiago de Chile: Naciones Unidas, 324 p. 2003.

BORJA, J. El gobierno del territorio de las ciudades latinoamericanas. **Instituciones y Desarrollo**, n° 8 y 9, p. 83-142, 2001.

BUNJE, P.; BURNS, P.; CHESTER, M.; CIRCELLA, G.; FERREL, J.; FLAMING, D.; MCCOY, M.; MURPHY, S.; PINCETL, S. **Methodology to Establish Regional Energy Baselines**. California: California Energy Commission, Los Angeles Institute of Environment and Sustainability, University of California, 2012.

CASTILLO, G.; MALDONADO, P. **Situación de la Energía en Chile**. Desafíos para la Sustentabilidad.

Santiago: Programa Chile Sustentable, 2004.

CORPORACIÓN de Desarrollo Tecnológico. **Diseño y Dimensionamiento de Sistemas Solares Fotovoltaicos – conectados a Red**. Santiago de Chile: CDT, 2013.

----- **Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial**. Santiago de Chile: CDT, 2010.

CNE; PNUD; UTFSM. **Irradiancia solar en territorios de la República de Chile**. Santiago de Chile: Margen Impresores, 2008.

DAZ, A. **Huellasolar Aplicación Web**. Disponible en: <<http://www.huellasolar.com/>>. Acceso en: 2 oct. 2013.

DIRECCIÓN DE OBRAS MUNICIPALES. **Información Geográfica Comunal**. Concepción, 2013. Disponible en: <[http://200.68.12.118/SigDom\\_comps/SigDom.phtml](http://200.68.12.118/SigDom_comps/SigDom.phtml)>. Acceso en: 30 sep. 2013.

FISSORE, A. **La Realidad Energética en el Sector Residencial de la Región del Bío-Bío**. Santiago de Chile: Alianza de Energía y Clima de las Américas, 2009.

GASTLI, A.; CHARABI, Y. Solar electricity prospects in Oman using GIS-based solar radiation maps. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 2, p. 790-797, 2010.

GILMOUR, B.; WARREN, J.; MARGEM, K.; MOLINA, J.; MYRANS, I.; CARR, C.; GERAGHTY, S. & SULLIVAN, T. **Integrated Energy Mapping for Ontario Communities (IE-MOC)**: City of Guelph Energy Density Mapping Strategy Team. Toronto: Canadian Urban Institute, 2010.

HOWARD, B.; PARSHALL, L.; THOMPSON, J.; HAMMER, S.; DICKINSON, J.; MODIA, V. Spatial distribution of urban building energy consumption by end use. **Energy and Buildings**, v. 45, p. 141-151, 2012.

IEA. **Cities, Towns and Renewable Energy: Yes In My Front Yard**. Paris: International Energy Agency, 2009.

IZQUIERDO, S.; RODRIGUES, M.; FUEYO, N. A method for estimating the geographical distribution of the available roof surface area for large-scale photovoltaic energy-potential evaluations. **Solar Energy**, v. 82, p. 929-939, 2008.

JAKUBIEC, A.; REINHART, C. A method for predic-

ting city-wide electricity gains from photovoltaic panels based on LiDAR and GIS data combined with hourly Daysim simulations. **Solar Energy**, v. 93, p. 127-143, 2013.

JANJAI, S.; LAKSANABOONSONG, J.; NUNEZ, M.; THONGSATHITYA, A. Development of a method generating operational solar radiation maps from satellite data for a tropical environment. **Solar Energy**, v. 78, p. 739-751, 2005.

LEVINSON, R.; AKBARI, H.; POMERANTZ, M.; GUP-TA, S. Solar access of residential rooftops in four California cities. **Solar Energy**, v. 83, p. 2120-2135, 2009.

LIBERONA, P. **Influencia de las condiciones urbanísticas del instrumento de planificación territorial comunal en la radiación solar incidente del centro de Concepción**. Universidad del Bío Bío, 2015.

LUKAC, N.; ZALIK, B. GPU-based roofs' solar potential estimation using LiDAR data. **Computers & Geosciences**, v. 52, p. 34-41, 2013.

LUND, P. Large-scale urban renewable electricity schemes – Integration and interfacing Aspects. **Energy Conversion and Management**, v. 63, p. 162-172, 2012.

LUND, P. Fast market penetration of energy technologies in retrospect with application to clean energy futures. **Applied Energy**, v. 87, p. 3575-3583, 2010.

METEOCHILE. **Dirección Meteorológica de Chile**. Disponible en: <[www.meteochile.cl/](http://www.meteochile.cl/)>. Acceso en: 2 oct. 2013.

PEREZ, R.; INEICHEN, P.; MOORE, K.; KMIECIKM, C.; GEORGE, R. A new operational for satellite-derived irradiances: description and validation. **Solar Energy**, v. 73, p. 307-317, 2002.

GRAUTHOFF, M.; JANSSEN, U.; FERNANDES, J.; POLIS. **Identification and mobilization of solar potentials via local strategies**. Guidelines based on the experiences of the pilot actions in Lisbon, Lyon, Malmö, Munich, Paris and Vitoria-Gasteiz. Intelligent Energy Europe and POLIS, 2012.

REDWEICK, P.; CATITA, C.; BRITO, M. Solar energy potential on roofs and facades in an urban landscape. **Solar Energy**, v. 97, p. 332-341, 2013.

# Hacia una movilidad urbana sostenible: principios y claves en el siglo XXI

---

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID – ESPAÑA

Begoña Guirao

Maria Eugenia López-Lambas

Rosa Arce

Concepción Moreno



## Introducción

Este capítulo se centra en la sostenibilidad de las ciudades bajo la óptica de la movilidad. En las páginas siguientes se describen y explican las inquietudes científicas actuales que tienen como objetivo lograr una movilidad urbana sostenible con las herramientas tecnológicas del siglo XXI. En cualquier caso, la concienciación actual en torno a la movilidad sostenible, sobre todo en la Unión Europea, no puede entenderse sin el apoyo explícito de los agentes políticos y los límites legislativos. Sin el apoyo de los gobiernos y la articulación de las leyes, las aspiraciones de lograr una movilidad sostenible se hubiesen quedado en "pura teoría", y no se hubiesen articulado en programas, planes de actuación y una "realidad palpable". Por estas razones, en este capítulo se ha incluido, no sólo una descripción del concepto de la movilidad sostenible (apartado 1) sino también la evolución de la política europea de movilidad sostenible y energía (apartado 2). Europa es, sin duda, el continente con más concienciación ciudadana y política con relación a la movilidad sostenible, y no puede entenderse esta concienciación sin tener en cuenta la evolución en los últimos años de las políticas europeas. Tampoco se pueden entender los retos de la movilidad sostenible en las ciudades modernas si ignoramos el papel que los avances tecnológicos pueden desempeñar. Estos avances afectan en mayor medida a los vehículos (apartado 3) y a las tecnologías de la información que vinculan a usuarios con los gestores de la movilidad y operadores del transporte público (apartado 4). Ya existen soluciones consolidadas de sistemas de autobuses eléctricos en algunas ciudades del mundo, y al mismo tiempo el concepto "ciudad inteligente" (*Smart City*) asociado a los sistemas de transporte está despertando mucho interés en la comunidad científica. Este capítulo, por tanto, pretende mostrar las claves de la movilidad sostenible del siglo XXI.

### Concepto y evolución de la Movilidad Urbana Sostenible

Existe la tendencia a identificar movilidad sostenible con movilidad ambientalmente saludable. Es cierto que el concepto sostenible nace muy ligado a la preocupación medioambiental que se plasma en la "Cumbre de la Tierra", celebrada en

Río de Janeiro en 1992. De ahí en adelante, un buen número de documentos e informes alertan desde hace tiempo sobre los cada vez más numerosos problemas de la movilidad, cuyas actuales pautas suponen un reto creciente para la sostenibilidad en su conjunto.

Desde la Cumbre de Río hasta la "Cumbre de la Tierra Río+20" - llamada oficialmente "Conferencia de Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible"- celebrada en junio de 2012 han pasado muchos años y, sin embargo, hay que continuar subrayando el hecho de que no sólo se trata de proteger el medioambiente: la sostenibilidad tiene 3 pilares y todos ellos deben ser tomados en consideración a la hora de diseñar estrategias de movilidad. Estos tres pilares son el aspecto económico, el aspecto social y el aspecto medioambiental. Hacer compatibles los 3 lados del triángulo es, justamente, el desafío que se nos viene planteando desde hace ya bastantes años.

En cuanto a movilidad urbana se refiere, el 60% de la población europea habita en ciudades, donde, por otra parte, se genera el 85% del PIB (CE, 2007). Aproximadamente, 11,2 millones de personas trabajan en el sector transporte -un 5% del total de la fuerza de trabajo (UE, 2014). Pero las cifras son alarmantes: según las mismas fuentes, la circulación urbana es la causa del 40 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> y del 70 % de las emisiones de otros contaminantes y es también en las zonas urbanas donde se producen el 38% de los fallecimientos en accidentes de tráfico de Europa (COM, 2013).

El ruido y el consumo energético son otras de las cuestiones clave a tener en cuenta en la movilidad urbana. Así, según la Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés), cerca del 40 % de la población de la UE está expuesta a unos niveles de ruido causado por el tráfico por encima de los 55 dB (A). Y en cuanto al consumo de energía, la situación es más que alarmante: somos una sociedad *petróleodependientes*. En España, sin ir más lejos, el 50% de la energía que se consume procede del petróleo -importado prácticamente en su totalidad-, de la cual el 80% es debida al transporte por carretera, y se trata de una fuente de energía no renovable y geopolíticamente inestable en cuanto a suministro. En Europa, el transporte representa el 30% del con-

sumo de energía total, con una dependencia del petróleo del 98%.

En efecto, los tradicionales patrones de la movilidad metropolitana han experimentado cambios sustanciales en los últimos años, desde la incorporación de la mujer al mundo laboral hasta el aumento de los viajes por motivo ocio. Todo ello se traduce en un incremento del número de viajes por persona y día, concentración de horarios de trabajo y estudio, atomización de los orígenes y destinos y, muy señaladamente, en el fenómeno conocido como dispersión urbana, es decir, la migración de población y empleo hacia la periferia, que supone el recorrido de mayores distancias utilizando el vehículo privado de manera masiva. Según el *Eurobarómetro* (EU, 2013), el 50% de los europeos utilizan el automóvil para sus desplazamientos cotidianos, frente a un escaso 16% que emplea el transporte público y un aún más bajo 12% que va en bicicleta.

Pero no solo se trata de ver el problema en frías estadísticas. Hay otros factores a considerar, como la exclusión social derivada de la falta, o pobreza, de accesibilidad, que impide a aquellos que no poseen un vehículo propio acceder a bienes y servicios esenciales, desde el empleo hasta la educación o la sanidad. Surge, pues, de este contexto, el reto de compatibilizar el deseable crecimiento económico, sin poner en peligro las condiciones de habitabilidad y necesaria calidad de vida de los ciudadanos, salvaguardando los derechos de las generaciones futuras.

En este proceso de adaptación, hay ya algunos motivos para el optimismo. Para empezar, el 70% de los desplazamientos en ciudad son cortos, con distancias de menos de 8 km, que pueden ser cubiertas perfectamente a pie y en bicicleta. Por otro lado, la planificación integrada, que ordena conjuntamente transporte y territorio, las nuevas tecnologías aplicadas tanto a vehículos como a la gestión del tráfico, e, incluso, la concienciación ciudadana, entre otras cosas, están llamadas a desempeñar un papel crucial en el desarrollo sostenible de nuestras ciudades.

Europa es, sin duda, el continente con más concienciación ciudadana y política con relación a la movilidad sostenible, y no puede entenderse esta

**Figura 1** Círculo vicioso de la movilidad urbana



Fuente IDAE, 2006

concienciación sin tener en cuenta la evolución en los últimos años de las políticas europeas. Puede aprenderse mucho de la experiencia europea y de los resultados obtenidos (casos prácticos exitosos), pero el proceso de gestación de estos resultados resulta tan interesante como el análisis de los mismos. Por esta razón, a continuación se ha dedicado una parte de este capítulo a la evolución más reciente de la política europea de movilidad urbana y energía.

## Política Europea de movilidad urbana y energía

### El Libro Blanco del Transporte y el Libro Verde la Movilidad

El más reciente de los Libros Blancos del Transporte de la Comisión Europea (COM, 2011a), comienza señalando que, si bien el transporte fundamental para nuestra economía y nuestra sociedad, se encuentra en una encrucijada, donde a los viejos problemas hay que añadirle otros nuevos, por más que desde el lanzamiento del primer Libro Blanco (COM, 1992) se han registrado indudables avances. Pese a ello, todos los objetivos allí presentes no han perdido un ápice de su validez: contribuir a proporcionar a los europeos un sistema de transporte eficiente y eficaz (COM, 2006a), sin que tampoco hayan variado mucho los principios informadores para obtener dicho objetivo.

La revisión intermedia del Libro Blanco de 2001 (COM, 2001) indicaba que, en el período 1995-2004,

el transporte, tanto de mercancías como de viajeros, y en todos los modos, seguía presentando unos elevados niveles de crecimiento, sobre todo aéreo y vías navegables, aunque la mayor parte del transporte dentro de la UE se realiza por carretera: el 44 % del transporte de mercancías y el 85 % del de viajeros. En la revisión, pues, se proponían una serie de acciones por cada modo de transporte, destinadas a impulsar la movilidad sostenible, minimizando los impactos negativos de aquellos, pues se constataba el grave problema ambiental derivado del incremento del transporte, principalmente por carretera y aéreo.

Concluía el documento defendiendo un enfoque global en materia de política de transportes, con acciones complementarias de las administraciones estatales, pero también de las regionales y locales, e incluso de los ciudadanos y de la industria. Es en la revisión del Libro Blanco de 2001 donde aparece, por primera vez, el término *comodalidad*, para defender el uso eficiente de diferentes modos de transporte por separado y en combinación, a fin de propiciar el uso óptimo y sostenible de los recursos, en un intento de destacar la necesidad de que cada modo consiga la mayor eficiencia (incluso en términos ambientales) por separado.

La revisión del Libro Blanco de 2001 dio origen al último de los publicados hasta hoy, a saber, el Libro Blanco de 2011 (COM, 2011), donde se proponen 10 objetivos con un denominador común: acciones que incrementen la competitividad del transporte al tiempo que cumplen la reducción mínima de 60% de emisiones de gases de efecto invernadero debidos a los transportes, necesaria antes de 2050.

En cualquier caso, entre medias la Comisión publicó el Libro Verde: hacia una nueva cultura de la movilidad, donde se recoge toda una serie de acciones para fomentar la movilidad urbana sostenible. Mediante este documento, la Comisión pretendía facilitar la búsqueda de soluciones al acuciante problema que, a diario, plantea la movilidad en las ciudades mediante, por ejemplo el intercambio de buenas prácticas.

El Libro Verde abrió un periodo de consulta durante el cual los agentes podían enviar sus comentarios. Dicho periodo finalizó el 15 de marzo

de 2008, y pretendía abrir un debate que contribuyera a identificar, entre todos los interesados, los principales obstáculos que lastran la movilidad urbana y la mejor manera de removerlos. Así, por ejemplo, el Libro trataba el tema de cómo mejorar la calidad en el transporte público urbano, cómo aumentar el uso eficiente de tecnologías limpias y energéticamente eficientes, cómo promover los modos a pie y bicicleta o cómo proteger los derechos de los usuarios del transporte público. Todas estas ideas fueron desarrolladas en un ulterior Plan de Acción del que se hablará en el siguiente epígrafe.

### El Libro Blanco del Transporte y el Libro Verde de la Movilidad

En cuanto a energía se refiere, el actual marco estratégico se basa en los tres objetivos que la UE debe alcanzar en 2020:

- Reducción del 20 % de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en comparación con el nivel de 1990,
- Una cuota del 20 % de las fuentes de energías renovables en el consumo de energía,
- Reducción del 20 % del consumo de energía primaria (en comparación con las previsiones realizadas antes del acuerdo sobre los objetivos climáticos y energéticos para 2020).

Con un mayor nivel de detalle, el Libro Verde de la Energía, publicado en 2013 (COM, 2013), es un marco para las políticas de clima y energía para el año 2030. El documento incluye entre sus principales objetivos los siguientes:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Garantizar el suministro energético.
- Apoyar el crecimiento, la competitividad y el empleo, por medio de un planteamiento rentable y de alta tecnología.

Más concretamente, se propone una reducción de las emisiones de un 40% para el año 2030, lo cual posibilitaría el objetivo de reducción de entre un 80 % y un 95 % para 2050. El cumplimiento de

estos objetivos ayudará a avanzar hacia una economía más fuerte, competitiva y segura.

### Planes de Acción de la UE sobre Energía y Transporte

El Plan de Acción de Movilidad Urbana de la Comisión Europea (COM, 2009), establece un marco para iniciativas de la UE sobre movilidad urbana, mediante el impulso y apoyo a estrategias de movilidad urbana sostenible que contribuyan a alcanzar los objetivos generales de la UE. Entre dichas estrategias, el Plan contempla la implementación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible, el intercambio de buenas prácticas, la creación de un Observatorio de la Movilidad en forma de plataforma virtual, apoyo financiero, fomento de los medios de transporte más ecológicos, etc., hasta un total de 20 medidas.

El Plan de Acción fue revisado al cabo de tres años, para sentar las bases de lo que más tarde fue el conocido como Paquete de Movilidad (*Mobility Package*), cuyo elemento central era la Comunicación *"Together towards competitive and resource efficient urban mobility"* (COM, 2013). Mediante el Plan de Acción, la Comisión se proponía fortalecer las medidas de ayuda al transporte de la siguiente manera:

- Compartiendo experiencias y buenas prácticas, fomento la cooperación.
- Proporcionando ayudas financieras
- Centrando la investigación y la innovación en soluciones para los desafíos que presenta la movilidad urbana.
- Involucrando a los estados miembros y fortaleciendo la cooperación internacional

Por lo que respecta a la energía, en 2006 la Comisión lanzó un Plan de acción para la eficiencia energética: realizar el potencial (COM, 2006b), cuyo objetivo final era permitir a los ciudadanos de la UE disponer de infraestructuras (edificios incluidos), productos (etiquetado e información normalizada del consumo), y servicios energéticos más eficientes. Para ello, el Plan proponía controlar y reducir la demanda de energía, con medidas específicas relativas al consumo y el suministro que permitieran ahorrar un 20 % en el

consumo anual de energía primaria para el año 2020 (frente a las previsiones de consumo de energía para ese mismo año).

Este objetivo de reducción se reveló imposible de alcanzar, por lo que se elaboró otro exhaustivo Plan de Eficiencia Energética en el año 2011 (COM, 2011b).

En el año 2011, la Comisión emitió una Comunicación relativa a un Plan de Eficiencia Energética 2011, donde constataba que, pese a los progresos en las políticas nacionales, la Unión no alcanzaría sus objetivos de eficiencia energética tal como estaban expuestos en los primeros planes nacionales. Por ello, la Directiva 2012/27/UE – aprobada un año antes de que viera la luz el Libro Verde (COM, 2013)- crea un marco común para fomentar la eficiencia energética dentro de la Unión y establece acciones concretas, obligando a los Estados miembros a alcanzar un objetivo de ahorro de energía acumulado antes del 31 de diciembre de 2020.

En efecto, en diciembre de 2012 entró en vigor la Directiva sobre eficiencia energética, que establece normas destinadas a eliminar barreras en el mercado de la energía y a superar deficiencias del mercado que obstaculizan la eficiencia en el abastecimiento y el consumo de energía. La Directiva exige, además, a los Estados miembros fijar objetivos nacionales de eficiencia energética para 2020, basados en el consumo de energía primario o final, recogiendo, además, normas vinculantes para los usuarios finales y los proveedores de energía, y permitiendo a los Estados miembros la posibilidad de exigir requisitos aún más estrictos.

A modo de ejemplo, cabe citar el caso de España, donde se ha calculado el ahorro en 571 ktep/año, (ktep= unidad de energía que rinde una tonelada de petróleo) mediante un programa - llamado Fondo Nacional de Eficiencia energética- que tiene cuatro líneas de actuación en proyectos de ahorro y eficiencia energética: rehabilitación energética de edificios, transporte, PYME y gran empresa del sector industrial y alumbrado exterior municipal. En el caso de transporte, el 25,3% del objetivo de ahorro anual del Plan Nacional de Ahorro y Eficiencia Energética 2014-2020, se alcanzará con medidas en el sector Transporte de cambio modal, movilidad urbana sostenible y pla-



**Tabla 1** Niveles de explotación del transporte público en función de tipo de infraestructura y material móvil utilizado

| INFRAESTRUCTURA | TECNOLOGÍA  |   |  |
|-----------------|---|---|--|
|                 | MODOS CONDUCIDOS  | MODOS GUIADOS   |  |
|                 | EN CARRETERA  | SOBRE NEUMÁTICO   | SOBRE CARRIL   |
| <b>NIVEL C</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Autobús</li> <li>• Autobús exprés</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trolebús</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tranvía</li> </ul>  |
| <b>NIVEL B</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Autobús en plataforma reservada</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Autobús/ Trolebús/ Híbridos guiados</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metro ligero</li> </ul>   |
| <b>NIVEL A</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Autobús con viario independiente</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metro con neumáticos</li> <li>• Monorrail</li> <li>• Transporte guiado automático</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metro ligero rápido</li> <li>• Metro convencional</li> <li>• Tren de cercanías</li> </ul> |

nes de transporte al centro de trabajo, junto a las de uso más eficiente de los medios de transporte, tales como gestión de flotas de transporte por carretera y cursos de conducción eficiente.

En definitiva, se observa que las medidas de eficiencia energética cobran cada vez mayor importancia, no solo como un instrumento que permite el abastecimiento de energía sostenible ó la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (a la vez que se garantiza la seguridad del suministro y se reduce la dependencia energética), sino también como una herramienta que sirve para impulsar y fomentar la competitividad de las economías europeas.

### El papel del vehículo eléctrico en la movilidad urbana sostenible

Una de las medidas para alcanzar los niveles óptimos de movilidad urbana sostenible, sobre todo en las ciudades grandes, es fomentar el uso del transporte público y que éste también a largo plazo sea más respetuoso con el medio ambiente. Las características básicas que definen un modo de transporte público son tres: el grado de independencia de la infraestructura soporte, la tecnología del material móvil y la operación/explotación del servicio. Variaciones en estas tres características definen modos de transporte público urbano diferentes. Aunque existe una tendencia a considerar la tecnología del material móvil como la característica determinante de los modos de transporte colectivo, el nivel de segregación de la infraestructura soporte sobre la que discurre el material móvil, y su relación con el resto del tráfico es también muy importante.

Combinando el grado de independencia de la infraestructura con la tecnología del material móvil, se obtiene la siguiente clasificación de niveles de explotación del transporte público (Tabla 1).

Los avances tecnológicos en el desarrollo del material móvil han sido mayores que los avances producidos en el campo de las infraestructuras. De hecho, con relación a los sistemas de propulsión de los vehículos, a los sistemas convencionales se les han ido añadiendo no sólo combustibles alternativos (Biodiesel, Etanol, GNC ó GLP) sino también nuevas energías (hidrógeno, electricidad), así como técnicas alternativas de propulsión (híbridos, híbridos enchufables, start-stop, etc.). Hoy en día, un autobús no sólo debe clasificarse atendiendo a su tamaño o estructura (mini, micro, estándar-15 m., articulado-20m., trolebús, piso bajo, sin techo), sino también a su forma de propulsión. Dentro de los sistemas convencionales, habría que distinguir los autobuses de motor diésel (gasóleo, biocombustibles), de los motor ciclo Otto (GLP, Gas natural comprimido, gas natural licuado, hidrógeno). Más recientes son los sistemas de propulsión eléctricos, dentro de los cuales han de distinguirse los de transmisión eléctrica de los de tracción eléctrica. Dentro de éstos últimos pueden diferenciarse los híbridos, los eléctricos puros y los que utilizan pilas de combustible.

Los nuevos sistemas de propulsión suponen ventajas tanto en la reducción de emisiones contaminantes como en la reducción del consumo energía, suponiendo estos dos aspectos claves para alcanzar objetivos de movilidad sostenible en una sociedad moderna. Como era de esperar el

**Tabla 2** Evolución en los límites legales de emisión de contaminantes (en la Unión Europea) y precios estimados (euros 2014) de distintos tipos de autobuses según su tipo de propulsión

|                      |           | FECHA HOMOLOGACIÓN | FECHA MATRICULACIÓN | CO   | HC   | NOX  | PARTÍCULAS | HUMOS |
|----------------------|-----------|--------------------|---------------------|------|------|------|------------|-------|
| <b>LEGISLACIÓN</b>   | Reg. 49   |                    | 1982 (*)            | 14   | 3,5  | 18   |            |       |
|                      | Dir 88/77 |                    | 01/10/1990          | 11,2 | 2,4  | 14,4 |            |       |
| <b>DIR 91/542A</b>   | Euro I    | 01/10/1992         | 01/10/1993          | 4,5  | 1,1  | 8    | 0,36       |       |
| <b>DIR 91/542B</b>   | Euro II   | 01/10/1995         | 01/10/1996          | 4    | 0,95 | 7    | 0,15       |       |
| <b>DIR 1999/96A</b>  | Euro III  | 01/10/2000         | 01/10/2001          | 2,1  | 0,66 | 5    | 0,10       | 0,8   |
| <b>DIR 1999/96B1</b> | Euro IV   | 01/10/2005         | 01/10/2006          | 1,5  | 0,46 | 3,5  | 0,02       | 0,5   |
| <b>DIR 1999/96B2</b> | Euro V    | 01/10/2008         | 01/10/2009          | 1,5  | 0,46 | 2    | 0,02       | 0,5   |
| <b>DIR 1999/96C</b>  | EEV       |                    | 2000 (*)            | 1,5  | 0,25 | 2    | 0,02       | 0,15  |
| <b>REG 595/2009</b>  | Euro VI   | 01/01/2013         | 01/01/2014          | 1,5  | 0,13 | 0,4  | 0,01       |       |

| ESTÁNDAR DIESEL | ESTÁNDAR GNC | ESTÁNDAR HÍBRIDO-DIESEL | ESTÁNDAR HÍBRIDO-GNC | ESTÁNDAR ELÉCTRICO | ESTÁNDAR FUELCELL | ARTICULADO HÍBRIDO-DIESEL | MINIBÚS ELÉCTRICO |
|-----------------|--------------|-------------------------|----------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| 230.000         | 260.000      | 290.000                 | 330.000              | 400.000            | 800.000           | 600.000                   | 330.000           |

coste de adquisición de un autobús de propulsión eléctrica (ya sea híbrido o puro) es superior al de un autobús convencional. En cualquier caso, la limitación en la emisión de sustancias contaminantes por parte de vehículos, en la Unión Europea, se ha ido endureciendo también a lo largo del tiempo, hecho que también ha condicionado la búsqueda de nuevas tecnologías de diseño de los motores de los vehículos. La tabla adjunta (Tabla 2) recoge la evolución de la normativa de emisiones en la Unión Europea y los niveles de precios en euros (2014) de ciertos tipos de autobuses.

De entre los vehículos eléctricos, son los híbridos los primeros que se están introduciendo en el mercado del transporte público. La propulsión de los vehículos híbridos se basa en una combinación de un sistema de propulsión convencional y un sistema de propulsión eléctrico, incluyendo un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica. Entre las ventajas de este tipo de vehículos cabe destacar la recuperación de parte de energía durante las deceleraciones (frenado regenerativo) y un menor consumo de energía y de emisiones. Además el motor térmico tiene una potencia más ajustada al uso habitual. Por el contrario, los híbridos pesan más que un vehículo convencional debido, fundamentalmente al peso añadido por el motor eléctrico y las baterías. Otro de los inconvenientes que presentan

es su mayor coste en comparación con los vehículos convencionales o su mayor posibilidad de averías además de su complejidad de reparación.

El vehículo eléctrico "puro" utiliza exclusivamente energía eléctrica. Ello significa que necesita una fuente externa de energía que se almacena en baterías (electroquímica), pudiéndose utilizarse la red eléctrica existente en una ciudad. Sus grandes ventajas radican en el bajo coste de operación, en un alto rendimiento del sistema propulsor y en las prácticamente "cero emisiones" en el punto de uso (incluso las emisiones acústicas son mínimas). Sin embargo, el aseguramiento de un nivel de autonomía adecuado requiere una amplia disponibilidad de puntos de carga y éste hecho constituye uno de los grandes problemas para su implementación generalizada. Hace falta planificar una red densa de puntos de recarga de electricidad, que la seguridad y los tiempos de recarga sean verdaderamente aceptables y que la electricidad provenga de energías renovables (con el fin de que la sostenibilidad del sistema quede asegurada). Junto a todo ello, el coste inicial de las baterías y de otros elementos del vehículo eléctrico sigue siendo muy elevado, lo que frena un uso más extendido de los mismos.

La evolución previsible de la demanda de movilidad urbana y global hace necesario adoptar soluciones

que modifiquen sustancialmente la oferta de transporte, garantizando su movilidad. La creciente electrificación de los modos de transporte se contempla como una de las estrategias de mayor interés. Dentro de ella, los vehículos eléctricos e híbridos deberán intensificar su presencia en los parques de los países desarrollados en el futuro próximo.

La tecnología de vehículos híbridos se encuentra disponible y se espera una mayor penetración en los mercados de estos vehículos en los próximos años. Su principal ventaja es el incremento de su eficiencia energética con la consiguiente disminución del consumo y emisiones de CO<sub>2</sub>. En el caso de entornos urbanos, los vehículos eléctricos ofrecen en la actualidad soluciones con exigencias de autonomía inferiores a 100 km. Su principal ventaja es la eliminación de emisiones locales y la reducción de las de efecto invernadero, especialmente si utilizan una proporción importante de energías renovables. La penetración en el mercado a escala significativa requiere de mejoras importantes en las tecnologías de baterías, mejoras en los motores eléctricos, desarrollo de redes de suministro y puntos de recarga y aplicación de técnicas de optimización bajo el concepto de "smart grid".

Existe, por tanto, un verdadero reto tecnológico en el diseño de vehículos eléctricos puros y superar este reto es esencial para reducir la dependencia del petróleo, las emisiones de CO<sub>2</sub> y, por tanto, la contaminación de las ciudades. Los híbridos sólo están suponiendo un eslabón en la etapa de transición hacia los vehículos eléctricos puros, que representan el objetivo final para reducir el consumo de combustible y las emisiones. En realidad, el principal problema ligado a la generalización de los autobuses eléctricos urbanos, como tipo específico de vehículo, son las baterías. Con las tecnologías actuales, para una operación normal del autobús en régimen urbano, se necesitarían baterías muy pesadas, con necesidades de autonomías elevadas, y con requerimientos de infraestructura y de operación que afectarían a los servicios y a los usuarios.

En la Unión Europea, ha existido siempre un apoyo explícito (a través de la financiación de proyectos de innovación) al desarrollo tecnológico del autobús eléctrico, como IBS *Roadmaps* (*Innovative Bus Systems Roadmaps*), en el que se identifican áreas y prioridades de investigación en los siste-

mas de autobuses urbanos, o el más interesante proyecto ZEUS (*Zero Emission Urban Bus System*). Zeus tiene como objetivo demostrar la viabilidad económica, medioambiental y social de los sistemas de autobús eléctrico urbano e incluye a fabricantes de autobuses, operadores y Autoridades de transporte público, empresas suministradoras de energía, universidades y consultoras tecnológicas. Este proyecto, cuya filosofía es extender la electrificación de autobuses, ya ha dado por consolidadas algunas soluciones de sistemas de autobuses eléctricos en algunas ciudades:

- Trolebuses de tamaño estándar tipo
- Vehículos de pequeño tamaño completamente eléctricos con tecnología de baterías
- Autobuses de tamaño estándar híbridos

El mercado para estas soluciones ya se ha desarrollado hasta un cierto nivel y ZEUS se está concentrando en la siguiente fase, con el desarrollo de vehículos de mayor capacidad (12m y más) y las infraestructuras y conceptos de movilidad optimizados. Finalmente, en el proyecto también se está prestando una especial atención a las actividades pre-comerciales de apoyo a su implantación, es decir, a las herramientas de apoyo a los decisores para la introducción de los sistemas de autobuses eléctricos en las redes de transporte público.

### El papel de las TICs en la movilidad urbana sostenible: las Smart Cities

El crecimiento de las ciudades, tanto en población como en desarrollos urbanísticos, es una de las tendencias globales más significativas que, a la vez, implica importantes riesgos, derivados de los desequilibrios que se generan por la falta de planificación. El aumento de población de manera desordenada, sin disponer de la suficiente dotación de infraestructura de vivienda y servicios municipales, genera problemas de toda índole (sociales, económicos, ambientales, culturales, etc.)

La urbanización generalizada que se está produciendo en el mundo conlleva complejas necesidades de recursos, infraestructuras y servicios, así como retos organizativos y sociales para paliar las amenazas a la sostenibilidad de las ciudades (MORENO, 2015).

**Tabla 3** Proyectos relacionados con la movilidad sostenible en ciudades inteligentes (*Smart Cities*)

| AREA      | GIFFINGER, 2007   | NEIROTTI, 2013   | COHEN, 2012   |
|-----------|---|--|---|
| MOVILIDAD | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accesibilidad local</li> <li>• Accesibilidad internacional</li> <li>• Disponibilidad de infraestructura TIC</li> <li>• Sistema de transporte sostenible, innovador y seguro</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Logística</li> <li>• Info-movilidad</li> <li>• Movilidad de las personas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso multimodal</li> <li>• Prioridad a opciones limpias y no motorizadas</li> <li>• TICs integradas</li> </ul> |

Fuente TRANSYT-BEI (2014)

Para hacer frente a este reto, se plantea, entre otras medidas, el uso de soluciones basadas en TIC, que permitan desarrollar los procesos urbanos de manera eficiente, optimizando los recursos disponibles, y generando mejor calidad de vida para los ciudadanos. En los últimos años, el término *Smart City*, o Ciudad Inteligente, se utiliza con diferentes significados, pero, en general, se refieren a la utilización de técnicas avanzadas para resolver los problemas de la gestión de la ciudad, ya sea en sus servicios e infraestructuras, como en el tratamiento de la información que continuamente genera (IRASTORZA, 2015).

Por otra parte, Manville *et al.* (2014) destacan que “la idea de las *Smart Cities* se basa en la creación y conexión del capital humano, el capital social y la infraestructura de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) con el fin de generar un mayor y más sostenible desarrollo económico y una mejor calidad de vida”.

Puede decirse, por tanto, que los objetivos principales de una *Smart City* son:

1. Conseguir el desarrollo sostenible
2. Mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos
3. Mejorar la eficiencia de las infraestructuras

Para ello, la *Smart City* se basa, fundamentalmente, en tres factores: la tecnología, el factor humano y el institucional. Y entre los campos de acción en los que se centran, fundamentalmente, las iniciativas que surgen en las ciudades, encontramos los siguientes: gobernanza, economía, movilidad, medio ambiente, personas y calidad de vida. La mayor parte de los documentos que abordan la definición de *Smart City* destacan estos seis pilares básicos (CARAGLIU, 2009; BATTY, 2012; MANVILLE, 2014).

La *Smart City*, en la medida en que se identifica con la ciudad del futuro y se percibe como un en-

torno de innovación, requiere la participación de múltiples agentes, tanto públicos como privados y concita el interés del mundo empresarial, a la vista de su potencial como generador de negocio para un amplio espectro de sectores. Pero, sobre todo, en el centro de su acción debe tener al ciudadano.

Entre los proyectos más numerosos que contribuyen al desarrollo de las ciudades inteligentes, un pilar clave son los proyectos relacionados con la movilidad, que conectan e influyen en la calidad de vida, las emisiones, el consumo de energía, la seguridad, etc. Según algunos autores (GIFFINGER, 2007; NEIROTTI, 2013; O COHEN, 2012), dentro de ese campo de acción, se identifican proyectos relacionados con grandes áreas, tal como refleja la tabla adjunta (Tabla 3).

La movilidad en el marco de la *Smart City* se relaciona con un conjunto de iniciativas, políticas y acciones encaminadas a favorecerla, de modo que ésta no suponga una traba al desarrollo ni al buen funcionamiento de la ciudad. Se trata de una serie de actuaciones destinadas a facilitar la movilidad de los usuarios, ya sea a pie, en bicicleta, en transporte público o privado, bajo una premisa común: ahorro de costes económicos, ambientales y de tiempo.

Por un lado, en materia de movilidad, la planificación debe prevalecer sobre la tecnología, la acción debe dirigirse a organizar, según su importancia y trascendencia, los diversos medios de transporte, incluyendo en primer lugar el transporte a pie (RODRÍGUEZ-BUSTAMANTE, 2015).

Pero, por otra parte, la diferencia entre Movilidad y Movilidad Inteligente (*Smart Mobility*) es que “la información en tiempo real es accesible al público, con el objetivo de ahorrar tiempo y mejorar la eficiencia de la comunidad, ahorrar costes y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como para ayudar a los gestores del transporte a mejorar los servicios

**Tabla 4** Tipos de actuaciones de la Movilidad Inteligente

|   |                     |                                    |  |
|---|---------------------|------------------------------------|--|
| S<br>M<br>A<br>R<br>T<br><br>M<br>O<br>B<br>I<br>L<br>I<br>T<br>Y | Tráfico             | Gestión del tráfico                | Gestión del tráfico a través de los datos  |
|   |                     | Vigilancia de tráfico              | Vigilancia de los datos de tráfico obtenidos a través de sensores, cámaras, etc.   |
|   |                     | Control de tráfico                 | Control de vehículos que acceden a un área de la ciudad (peajes urbanos, áreas prohibidas, etc) con License Plate Recognition DSRC...                                |
| S<br>M<br>A<br>R<br>T<br><br>M<br>O<br>B<br>I<br>L<br>I<br>T<br>Y | Transporte Público  | Aplicaciones de Transporte Público | Aplicaciones de móvil para el uso del transporte público (bus, metro, tren, tranvía, taxi) con horarios y rutas  |
|   |                     | Tarjeta de transporte              | Pago de transporte público con tarjeta para evitar el pago manual  |
|   |                     | Paradas inteligentes de autobús    | Paradas de autobús con pantallas electrónicas que muestran las líneas y las horas de llegada   |
|   |                     | Car sharing Coche compartido       | Iniciativas de <i>Car-sharing</i> gestionadas por compañías privadas que proporcionan coches a lo largo de la ciudad para usuarios registrados                       |
|   |                     | Bicicletas públicas                | Iniciativas, de gestión pública o privada, para compartir bicicletas por parte de usuarios registrados que pueden usarlas desde aparcamientos concretos de la ciudad |
|   |                     | Autobuses eléctricos               | Autobuses eléctricos o con combustibles no derivados de combustibles fósiles   |
|   |                     | Tranvías                           | Tranvías eléctricos  |
| S<br>M<br>A<br>R<br>T<br><br>M<br>O<br>B<br>I<br>L<br>I<br>T<br>Y | Infraestructura TIC | Sensores de aparcamiento           | Sensores colocados en las plazas de aparcamiento en las calles para detectar si están libres o no y transmitir la información a paneles o aplicaciones de móvil      |
|   |                     | Información de aparcamiento        | Información de aparcamientos con una aplicación de móvil o con pantallas localizadas en las calles   |
|   |                     | Pago NFC                           | Posibilidad de pago de diferentes servicios sin contacto   |
|   |                     | Big Data                           | El uso de gran cantidad de datos para predecir comportamientos y necesidades de transporte   |
| S<br>M<br>A<br>R<br>T<br><br>M<br>O<br>B<br>I<br>L<br>I<br>T<br>Y | Logística           | Logística inteligente              | Mejora de la logística urbana mediante las TICs  |

Fuente TRANSYT-BEI (2014) y elaboración propia

y proporcionar realimentación a los ciudadanos” (MANVILLE, 2014).

De acuerdo con concepción holística de la ciudad inteligente, integrando al ciudadano como eje central de las actuaciones y, por ende, aspectos relacionados con la calidad de vida y la salud, en las soluciones de movilidad la prioridad se debe centrar en las medidas de fomento del desplazamiento andando, seguidas de aquellas que comporten menores emisiones y contaminación acústica. Por ello, la mejora del tráfico rodado en vehículo particular es de interés en la medida en que las soluciones adoptadas consiguen reducir el número y distancia de desplazamientos dentro de la ciudad (RODRÍGUEZ-BUSTAMANTE, 2015).

Las actuaciones en materia de movilidad tienen una importante componente de sostenibilidad ambiental y, en concreto en relación con:

- Reducir el consumo energético (en particular, combustibles fósiles)
- Minimizar impacto ambiental del mismo en sus dos afecciones fundamentales: emisiones y ruido

De hecho, las ciudades que han desarrollado políticas con éxito a favor del uso del transporte público, la bici y la marcha a pie, han reducido el consumo de energía por habitante (IDAE, 2006).

La tabla siguiente (Tabla 4) resume los tipos de actuaciones más habituales que se consideran representativas de la inteligencia de la ciudad en el área del transporte y, por tanto, también de la Movilidad Inteligente o *Smart Mobility*.

En España, 62 ciudades han abordado su estrategia de *Smart City* y se han asociado, para com-

partir experiencias que les permitan gestionar mejor esta estrategia, en lo que se ha denominado Red Española de Ciudades Inteligentes (RECI), nacida en 2011, según sus propios términos para “crear una red abierta para propiciar el progreso económico, social y empresarial de las ciudades a través de la innovación y el conocimiento, apoyándose en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)” (SMARTCITY).

Entre los grupos de trabajo existe uno de Movilidad Urbana, liderado por las ciudades de Burgos y Valladolid, y hacen el énfasis en movilidad eléctrica y sistemas inteligentes de transportes. Entre las medidas que cuentan con tradición en las ciudades para disminuir el uso del vehículo privado se encuentran, entre otras:

- Aparcamientos disuasorios en las áreas periféricas, conectados a transporte público.
- Zonas de estacionamiento regulado en el espacio urbano.
- Campañas de comunicación para fomentar el uso del transporte público.
- Despliegue de carril bici.

Las grandes ciudades, en su mayoría, cuentan con un despliegue de la bicicleta en la ciudad como servicio público de transporte, con aparcamientos localizados en coordinación con el sistema de transporte público. Cuentan con un sistema de alta de usuarios a través de aplicación específica.

A partir de estas medidas, implantadas en diferente grado en las ciudades desde hace años, la ciudad inteligente aporta, a través de las TIC, valor añadido y da lugar a:

- Soluciones mejor adaptadas a las necesidades del ciudadano.
- Mayor conocimiento de la demanda.
- Posibilidad de gestionar mejor los recursos urbanos en función de las necesidades reales.
- Mejor control de infracciones.

Por su parte, medidas relativas al tráfico cuyos destinatarios directos son los ciudadanos son, por ejemplo: agilización del aparcamiento a través de

sensorización y paneles informativos de guiado, medidas de accesibilidad aplicadas al tráfico en la ciudad, como semáforos activados por dispositivos *bluetooth* o badenes inteligentes que se adaptan a las condiciones de tráfico.

Entre las actuaciones en movilidad urbana de 60 ciudades de la red RECI, se ha detectado que las diferentes opciones que se encuentran en materia de transporte público son las siguientes:

- Títulos de transporte por viajes individualizados o con un número determinado de viajes.
- Tarjeta o bono recargable, tipo monedero, sin personalizar.
- Tarjeta personalizada con chip, recargable, tipo monedero, con transbordos gratuitos dentro de un periodo máximo de 45 min.
- Tarjeta personalizada, con chip, que se renueva mensualmente y utilización ilimitada durante el periodo de vigencia.
- Pago por móvil (NFC), el móvil es monedero.

La *Smart Mobility* integra, por tanto, un conjunto numeroso de medidas que mejoran la vida de los ciudadanos, contribuyen al desarrollo económico y al ahorro de energía y emisiones.

## Referencias

BATTY, M.; AXHAUSEN, K.; GIANNOTTI, F.; POZD-NOUKHOV, A.; BAZZANI, A.; WACHOWICZ, M.; OUZOUNIS, G.; PORTUGALI, Y. Smart Cities of the future. **UCL Working Paper Series**, Paper 188, out. 2012.

CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart cities in Europe. In: CENTRAL EUROPEAN CONFERENCE IN REGIONAL SCIENCE, 3., 2009, Kosice. **Anales...** Kosice, 2009.

CHOURABI, H.; GIL-GARCIA, J.; PARDO, T.; TAEWOQ, N.; MELLOULI, S.; SCHOLL, H.; WALKER, S.; NAHON, K. Understanding Smart Cities: An Integrative Framework. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 45., 2012, Maui. **Anales...** Maui, 2012.

COM. Libro Blanco. **La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad**. Bruselas, 2001.

----- **Comunicación de la Comisión al Con-**

**sejo y al Parlamento Europeo:** Por una Europa en movimiento. Movilidad sostenible para nuestro continente Revisión intermedia del Libro Blanco del transporte de la Comisión Europea de 2001. COM, 2006a. 314 final.

----- **Plan de acción para la eficiencia energética:** realizar el potencial. COM, 2006b. 545 final.

----- **Libro Verde:** hacia una nueva cultura de la movilidad. COM, 2007. 551 final.

----- **Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones:** Plan de Acción de Movilidad Urbana. COM, 2009. 490 final/2.

----- **Libro Blanco:** Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible. COM, 2011a. 144 final.

----- **Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones:** Plan de Eficiencia Energética 2011. COM, 2011b. 109 final.

----- **Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones:** Together towards competitive and resource-efficient urban mobility. Bruselas: COM, 2013a. 913 final.

----- **Libro Verde:** Un marco para las políticas de clima y energía en 2030. COM, 2013b. 169 final.

Comisión Europea. **Libro Blanco:** El curso futuro de la política común de transportes. Bruselas: COM, 1992. 494 final.

DIRECTIVA 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE.

EU. **Legal acts on transport statistics.** 2015. Disponible em: <[http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/index_en.htm)>. Acceso en: 5 sep. 2015.

----- **Attitudes of Europeans towards urban mobility.** 2013. Disponible em: <[http://ec.europa.eu/public\\_opinion/archives/ebs/ebs\\_406\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_406_en.pdf)>. Acceso en: 15 sep. 2015.

----- **Cities of tomorrow:** Challenges, visions, ways forward. European Commission, Di-

rectorate General for Regional Policy, 2011.

GIFFINGER, R. et al. **Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities.** Vienna, Austria: Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology. 2007.

IDAE. **Guía práctica para la elaboración e implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible. Ministerio de Industria y Energía.** Madrid: IDAE, 2006.

IRASTORZA, L. Ciudades inteligentes: requerimientos, desafíos y algunas claves para su diseño y transformación. **Encuentros Multidisciplinares,** n. 50, may-ago 2015.

MANVILLE, C. et al. **Mapping Smart Cities in the EU:** European Parliament - Directorate General For Internal Policies. Policy Department A: Economic and Scientific Policy, 2014.

MORENO, A. C. **Desarrollo de un modelo de evaluación de ciudades basado en el concepto de ciudad inteligente (Smart City).** 2015.

NAM, T.; PARDO, T. A. Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL GOVERNMENT RESEARCH. 12., 2011, College Park-USA. **Anales...** College Park: 2011. p. 282-291.

NEIROTTI, P.; MARCO, A., CAGLIANO, A. C.; MANGANO, G.; SCORRANO, F. Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. **Cities,** v. 38, p. 25-36, 2014.

RODRIGUEZ-BUSTAMANTE, P. **I Congreso de Ciudades Inteligentes:** Smart Mobility o Movilidad Inteligente en España. Madrid: ESMARTCITY, 2015.

SMARTCITY - RED ESPAÑOLA DE CIUDADES INTELIGENTES. **Sobre la Red.** Disponible em: <[http://www.redciudadesinteligentes.es/sobre-la-red/ampliar.php/Id\\_contenido/302/v/0/](http://www.redciudadesinteligentes.es/sobre-la-red/ampliar.php/Id_contenido/302/v/0/)>. Acceso en: 18 nov. 2015.

TRANSYT; EIB-European Investment Bank. **Smart Cities: Concept, Challenges and Projects.** [s.l.]: Working Paper of Assessing Smart City Initiatives for the Mediterranean Region (ASCIMER) Project, 2014.

UE. **Transport in figures:** Statistical pocketbook. Belgium: European Union, 2014.

WHO, World Health Organization. **Data and statistics.** Disponible en: <<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/data-and-statistics>>. Acceso en: 10 sep. 2015.

# As paisagens energéticas: reflexões sobre estratégias de políticas energéticas no Brasil e na Itália

---

POLITECNICO DI MILANO – ITÁLIA

Marcello Magoni

---

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – BRASIL

Caroline Jabour de França  
Eneida Maria Souza Mendonça



## Introdução

A transição para sistemas de energia eficientes e com baixa emissão de carbono requer um grande esforço de desenvolvimento e uma notável difusão dos numerosos tipos de cadeias que utilizam fontes de energia renováveis. Tal transição vem modificando paisagens de diversos territórios de modo cada vez mais relevante. O artigo pretende apresentar uma descrição comparada de algumas categorias teóricas e práticas adotadas no Brasil e na Itália e para alguns aspectos na União Europeia. Em particular, a comparação será realizada a partir da definição compartilhada dos conceitos de paisagem e de paisagem da energia a partir das diversas estratégias energéticas em andamento nos dois países.

O desenvolvimento cada vez mais difuso e consistente de instalações para produção de energia renovável tem impactado de modo nem sempre positivo o território e as suas paisagens. Considerando que as plantas que utilizam fontes de energia renováveis (FER) têm, geralmente, uma capacidade de geração de energia por unidade de área muito menor em comparação às plantas que operam a combustíveis fósseis ou nucleares, têm-se que este crescimento exponencial interessa a uma quantidade de território proporcionalmente muito maior do que o necessário para o uso de combustíveis fósseis. Esta transição energética mantém em aberto, ainda, os cenários tipológicos e as formas que assumirá em sua fase madura.

Ter-se-á uma presença generalizada de produção de energia, como resultado do uso elevado de usinas de pequenas dimensões integradas nos locais onde a energia é consumida, ou somente um maior equilíbrio entre a produção difusa e a produção concentrada?

No primeiro caso, pode-se ter uma difusão de instalações de FER análoga à difusão ocorrida com os microprocessadores e computadores, de modo que, inicialmente, estes instrumentos eram em menor número e claramente visíveis; com a ascensão e inovação da tecnologia da informação, eles têm permeado todas as atividades e produtos do homem, perdendo em contemporâneo sua visibilidade. Isso porque as formas e características dos produtos e mercadorias foram cada vez menos influenciadas por seus componentes eletrônicos.

No campo energético, tal fato começa a ser observado nas plantas e estruturas de nova concepção, onde a componente energética é cada vez mais inserida na estrutura e na forma do construído.

## O conceito de paisagem energética na Itália

### Definição de paisagem energética

Na Itália, não há definições codificadas de paisagem energética. A definição aqui proposta é derivada da definição de paisagem contida na Convenção Europeia da Paisagem (AA.VV, 2000), segundo a qual sobre paisagem entende-se “uma determinada parte do território, assim como é percebida pelas pessoas, cujas características derivam da ação de fatores naturais e/ou humanos e da sua interrelação” (Tradução livre do autor).

Nesta definição não é explicitado o conceito de percepção da paisagem, que encontra uma pluralidade de definições na literatura especializada. Entre estas, vale destacar a definição de Claude Raffestin (2006) sobre a percepção da paisagem, como “a imagem simbólica que consegue expressar tanto elementos morfológicos visíveis de certa estrutura territorial, quanto às relações invisíveis que a produzem” (Tradução livre do autor).

Em outras palavras, a percepção da paisagem é uma representação mental de uma territorialidade específica que vem traduzida por meio das formas da paisagem, mas que remete a um conjunto mais complexo de relações intangíveis e não diretamente perceptíveis.

O outro elemento a ser considerado na definição da paisagem energética é aquele de sistema energético, que possui inúmeras definições na literatura, no entanto, tais definições não conseguem representar adequadamente os sistemas energéticos territoriais. Portanto, propõe-se a seguinte definição de sistema energético: “conjunto de instalações e infraestruturas que produzem, armazenam, distribuem e consomem fluxos de energia térmica, elétrica, frigorífera e cinética em edifício, bairros, cidades ou regiões. Tais instalações e infraestruturas interagem para proporcionar o desempenho necessário para realizar as atividades e fornecer os serviços e as condições de bem-estar aos usuários diretos e indiretos de estruturas e infraestrutura residenciais, produtivas e de lazer.

Com base nas definições, de paisagem e de sistema energético, mencionadas acima, a paisagem energética pode ser definida como o conjunto dos elementos materiais de um sistema energético que afetam uma parte do território e que dão origem a uma ou mais imagens simbólicas das relativas modalidades de produção, distribuição e consumo de energia. Em outras palavras, uma paisagem energética é a imagem percebida por uma população de parte ou da totalidade de um sistema energético e da relativa cultura energética. Por exemplo, a paisagem energética de um território onde se localiza uma central termelétrica é constituída não apenas pela sua estrutura, mas também pelas ligações visíveis e não visíveis que permitem seu funcionamento. Algumas destas ligações têm uma natureza física (linha de energia, estrada de acesso à usina, ...), outras, natureza ambiental (poluição do ar e sonora ...), sociais (relações com a população local) e econômica (efeitos sobre o sistema econômico local).

Ao mesmo tempo, a central energética origina percepções simbólicas que remetem a uma cultura energética e a sua relação com o meio ambiente local e global. A imagem simbólica pode ser mediada por diferentes linguagens e códigos (artístico, literário ou científico) mas a sua função principal é oferecer uma interpretação metafórica de um determinado contexto local, a fim de torná-lo reconhecível.

### Identidade territorial e paisagens energéticas sustentáveis e resilientes

A matriz da identidade de uma comunidade e de um território se forma e se modifica em conexão com os seus processos históricos e sociais e, portanto, como resultado das ações e mudanças que o homem provoca no lugar. Identidade é o que desencadeia o processo de reconhecimento em um determinado lugar, através de símbolos e de ícones em contínua transformação. Portanto, não é um valor pré-estabelecido, mas um valor em constante evolução e, por conseguinte, objeto de planejamento (CORTI, 2011). Por isso, é necessário

considerar a ação e a evolução como fatores de projeto. Assim, o projeto de uma instalação ou de uma infraestrutura deve considerar a possibilidade de incluir, com sensibilidade e criatividade, um novo elemento, sem danificar a imagem histórica ou renunciar a sensibilidade contemporânea. O problema é compreender quais são os níveis de liberdade de um lugar e assim os níveis de transformação que uma paisagem pode suportar.

A sustentabilidade e a resiliência de um sistema energético<sup>1</sup> constituem não apenas metas a serem alcançadas, mas também valores que devem ser representados e divulgados através das paisagens energéticas, especialmente aquelas decorrentes da difusão de sistemas que utilizam fontes de energia renováveis. Uma população pode assim reconhecer-se nas imagens que as paisagens de energia renováveis são capazes de comunicar e na função que elas desempenham para a sociedade: fornecimento de energia de baixo impacto ambiental e segura ao longo do tempo. Quanto mais as fontes de energias renováveis são concebidas como recurso diferente em relação àquelas fósseis, enquanto produzem efeitos positivos sobre o meio ambiente e sobre o sistema socioeconômico, mais é possível destacar a sua especificidade na complexa relação entre energia e forma, e entre tecnologia e qualidade espacial, formando, assim, a identidade de um lugar.

### As características das paisagens energéticas

Além da energia que influencia visivelmente a paisagem – veja os artefatos, instalações e atividades necessárias à extração de combustíveis e à produção, transmissão e o consumo de energia – há também a energia que influencia a paisagem em modo indireto – veja as diferentes características de ocupação dos territórios sob condições climáticas diversas, como edifícios compactos e fechados para reter o calor em climas frios e edifícios leves e abertos ao vento em climas quentes, ou então os territórios e artefatos onde é produzida e armazenada a energia bioquímica necessária ao metabolismo humano (os alimentos), o transporte

<sup>1</sup> A sustentabilidade energética de um território envolve o uso de uma quantidade de recursos energéticos predominantemente renováveis não superiores aqueles que se tornam disponíveis no curto, médio e longo prazo e, ao mesmo tempo, contém em níveis aceitáveis a emissão de gases poluentes e gases do efeito estufa e riscos para a segurança e a saúde humana. A resiliência de um território envolve a aquisição de sua alta capacidade de adaptação às mudanças territoriais, ambientais e socioeconômicas tanto internas quanto externas ao sistema considerado.

rodoviário, ferroviário, marítimo e aéreo necessários para permitir a circulação de pessoas e bens.

Finalmente, há a energia que é “incorporada” nos componentes de uma paisagem, veja a energia utilizada no passado para a construção de edifícios, loteamentos e infraestrutura urbana ou a energia que dá forma aos territórios, a partir da energia tectônica e gravitacional.

Para compreender a difusão territorial das paisagens energéticas, são a seguir mencionadas as principais fases que caracterizam os mais importantes setores energéticos, tanto renováveis quanto não renováveis. As fases da transmissão e distribuição de energia elétrica (eletrodos) e calor (aquecimento urbano) não são indicados, uma vez que pertencem a todos os setores de energia que utilizam tais redes (Figura 1).

As principais etapas das cadeias de energia renovável são:

- a indústria da madeira e biomassa: cultivo, transporte e processamento ou refino do combustível; produção de eletricidade e calor; consumo final;
- cadeia eólica: produção de eletricidade; consumo final;
- cadeia de hidrelétrica: derivação ou utilização do movimento das águas; produção de eletricidade; consumo final (Figuras 2 e 3);
- cadeia solar térmica: produção de calor; consumo final;
- cadeia solar elétrica: produção de eletricidade; consumo final.

As principais etapas da cadeia de energia não renovável são:

- cadeia de carvão: extração, transporte, processamento e refino do combustível; produção de eletricidade e calor; consumo final; tratamento e disposição de resíduos;
- indústria do petróleo: exploração, transporte e refinação de combustíveis; produção de eletricidade e calor; consumo final; tratamento e disposição de resíduos;

**Figura 1** Incinerador de Figino em Milão - Resíduos não recicláveis são queimados para produzir eletricidade, calor e frio



**Figura 2** Container da turbina-gerador de uma usina hidrelétrica enterrado nos Alpes italianos



**Figura 3** Alagamento de uma pequena usina hidrelétrica nos Alpes italianos



- cadeia atômica: extração, transporte e enriquecimento de combustível; produção de eletricidade e calor; consumo final; tratamento e disposição de resíduos.

As fases necessárias para a produção de energia não renovável são geralmente mais numerosas em comparação àquelas renováveis, por isso os territórios afetados são em número superior aqueles das cadeias do segundo tipo. Por outro lado, as cadeias renováveis têm, geralmente, uma maior utilização da área total por unidade de energia produzida.

### O conceito de paisagem energética no Brasil

No Brasil, a proposição da Carta Brasileira da Paisagem, pela Associação Brasileira de Arquitetos Paisagistas – ABAP –, em 2010 (ASSOCIAÇÃO, 2010), busca acompanhar a abordagem internacional, em atendimento ao apelo da Federação Internacional de Arquitetos Paisagistas – IFLA, cuja intenção é alcançar a Convenção Global da Paisagem.

O documento informa que: *A paisagem compreende a combinação do ambiente abiótico, biótico e sócio-cultural como componente material que está atrelado ao componente imaterial expresso pela capacidade da percepção humana que dá significado e sentido estético.*

Dentre os doze princípios contidos na carta, nota-se a preocupação com a qualidade ambiental, o reconhecimento do valor econômico da paisagem, a importância do planejamento territorial e das políticas governamentais em prol da valorização da paisagem. A atenção relacionada à população e aos interesses da sociedade também presentes no documento, indicam o vínculo da paisagem com os aspectos tradicionais, associando abordagem ética, estética e ecológica, e também com a dinâmica econômica e produtiva, envolvendo o campo social.

No que diz respeito aos instrumentos de planejamento, a Carta ressalta a necessidade de estudos prévios com a compreensão das diversas escalas ambientais, e da participação da população no debate e no processo de decisão.

Antecedendo a própria Carta da Paisagem, cabe indicar que o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN – criou no Brasil, como instru-

mento administrativo em nível federal, a chancela das paisagens culturais brasileiras, por meio da Portaria nº 127, de 30 de abril de 2009 (BRASIL, 2009). Tal iniciativa, associada à divulgação da Carta Brasileira da Paisagem, vem chamando a atenção de institutos, conselhos e fundações, em nível estadual e municipal relacionados ao patrimônio cultural do país, buscando também, em sua esfera de poder, tratar da questão. Neste sentido, verifica-se inclusive que mesmo antes da portaria de 2009 do IPHAN, planos diretores municipais, como o de Vitória (VITÓRIA, 2006) no Espírito Santo e institutos de estado de proteção do patrimônio, como o Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2015), já apresentavam medidas em prol da paisagem. Nota-se porém, que a eficácia dos princípios normativos de valorização da paisagem no Brasil, dependem ainda de aperfeiçoamento dos instrumentos dos órgãos de defesa do patrimônio, da articulação destes com os instrumentos municipais voltados ao controle do uso e ocupação do solo e ainda da formulação de uma política da paisagem articulada com as demais políticas, sobretudo com as relacionadas à economia.

O conflito entre a instalação de empreendimentos de grande porte, como portos, aeroportos, siderurgias, mineradoras e petrolíferas e a proteção do meio ambiente e da paisagem envolve situações de fato e debates em diversos países do mundo, com predomínio das decisões voltadas aos interesses econômicos, em detrimento dos demais. Ainda que determinados países contem com normas avançadas no campo social, ambiental e paisagístico, não é raro encontrar empresas de sua nacionalidade, impedidas de instalação em seu país de origem, firmar-se em regiões em que as normas de controle sejam mais frágeis ou inexistentes.

Voltando a questão para a produção de energia e seu impacto sobre a paisagem, tema deste artigo, é possível assinalar a importância de atrelar a proteção da paisagem à sustentabilidade ambiental, como prevê a Carta Brasileira da Paisagem. No entanto, outro debate deve ser desenvolvido, visto que tanto os meios tradicionais de produção de energia podem gerar novas paisagens, socialmente abraçadas pela população, como também, meios sustentáveis e caracterizados como limpos, podem impactar a paisagem com a instalação de megaestruturas artificiais em

**Figura 4** Torres de captação de energia eólica no litoral do Rio Grande do Norte, Brasil, em fevereiro de 2015



**Fonte** Giovana Paiva de Oliveira

locais delicados e aprazíveis. Na primeira situação, podem ser citadas as áreas de lazer aquáticas criadas em represas artificiais e no segundo, a estrutura voltada à geração de energia eólica (Figura 4).

### Estratégias energéticas e características das paisagens energéticas italianas

As estratégias energéticas italianas, assim como aquela de todos os Estados-Membros da União Europeia (UE), baseiam suas referências nas políticas europeias sobre o clima e a energia, políticas influenciadas pelos acordos (veja as Conferências sobre o Clima, os acordos estratégicos entre os países produtores e consumidores...) e estratégias (veja as decisões sobre a quantidade de petróleo a ser produzido, sobre a construção de grandes usinas intercontinentais...) definidas a nível global.

#### As políticas energéticas europeias

As políticas europeias dividem-se em diretivas, regulamentos e financiamentos destinados a alcançar um abastecimento energético seguro, sustentável e a custo competitivo<sup>2</sup>.

Os atuais objetivos da UE são o resultado de uma evolução iniciada com o debate ocorrido durante a elaboração da estratégia contida no pacote "Clima-Energia", aprovado em 2009, e conhecido como o "20-20-20". Através de seis medidas legislativas que combinam políticas para a luta contra as alterações climáticas com políticas energéticas, esta estratégia visa atingir, até 2020, a redução de 20% das emissões de gases do efeito estufa em relação aos níveis de 1990, e produzir a partir de fontes renováveis 20% da energia consumida, melhorando o desempenho de energia em 20%.

Estas medidas foram integradas pela Diretiva 2012/27/UE sobre eficiência energética, através da qual é regulamentado e incentivado um fator relacionado às políticas energéticas que não tinha sido considerado em modo específico nas seis medidas anteriores. De fato, a eficiência energética é um fator-chave para alcançar metas de longo prazo e é o modo economicamente mais eficaz para reduzir as emissões, tornando mais seguro e competitivo o fornecimento de energia e reduzindo o custo da energia gerada.

<sup>2</sup>Para aumentar a segurança no abastecimento energético e diminuir os custos energéticos, a União Europeia busca favorecer o livre comércio de energia construindo um mercado interno dotado de extensas e eficientes infraestruturas para o transporte e a armazenagem de energia.

A importância de se trabalhar com um pacote de estratégias integradas de intervenção para alcançar os ambiciosos objetivos que a UE estabeleceu, está também no fato de que estes objetivos estão fortemente interligados. Por exemplo, a redução do consumo de energia leva, em comparação à energia produzida por fontes renováveis, a um aumento da sua quota percentual da produção e vice-versa.

A Diretiva 2012/27/UE estabelece diversos e importantes objetivos e medidas normativas que afetam principalmente as áreas que oferecem maior potencial de economia de energia (transporte público, edifícios, climatização, eletrodomésticos) e têm efeitos significativos sobre as estratégias energéticas nacionais e regionais. Essas medidas incluem:

- A implementação pelos Estados-Membros, de estratégias de longo prazo para a mobilização de investimentos na reestruturação dos edifícios residenciais e comerciais, sejam públicos que privados;
- A economia energética anual de pelo menos 1,5% do total de energia vendida por concessionárias públicas. Isso significa que essas empresas deverão com o tempo, modificar seu modelo de negócio, por isso deverão deixar de fornecer energia elétrica, gás ou petróleo, mas terão que fornecer serviço de aquecimento, iluminação, operacionalizar máquinas e eletrodomésticos;
- A renovação anual de 3% dos edifícios de propriedade e ocupados pelos governos centrais;
- A obrigação para as grandes empresas de se submeter à auditoria energética até 2015, a ser repetido pelo menos de quatro em quatro anos;
- A obrigação de adoção, até 31 de dezembro de 2016, de sistemas de contabilidade do consumo de aquecimento ou arrefecimento para cada unidade de aquecimento/ arrefecimento centralizado.

A Diretiva 2010/31/CE reforçou as medidas para a redução de consumo no setor da construção, sendo esta área responsável na UE por cerca de 40% do consumo energético total e por 36% das emissões

de gases do efeito de estufa, através da extensão de certificado de desempenho energético a todos os consumos de energia do edifício e da definição de novos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios novos.

A este respeito, a partir de 31 de dezembro de 2018 todos os edifícios novos ocupados pela administração pública e de propriedade desta última, incluindo edifícios escolares, deverão ser edifícios com consumo energético perto de zero e terão que usar uma parte significativa de fontes de energia renováveis produzida no local. A partir de 01 de janeiro de 2021 esta obrigação se estenderá a todos os novos edifícios, tanto privados como públicos. Além disso, os Estados-Membros da UE devem elaborar planos nacionais e ativar estratégias e ações que permitam estimular a transformação de edifícios que serão reestruturados em edifícios com consumo energético perto de zero.

Com as medidas subsequentes, incluindo a *Tabella di marcia per l'energia 2050*, a UE alargou os objetivos em matéria de clima e energia para 2050, tornando-os ainda mais ambiciosos. Na verdade, se com as estratégias previstas para atingir as metas para 2020 alcançaria em 2050 uma redução das emissões de pouco mais de 30%, para aquela data a União Europeia, no entanto, fixa uma redução entre 80 e 95%, dependendo de acordos internacionais. Para apoiar a definição dos objetivos das estratégias nacionais, indica-se uma meta intermediária de redução das emissões de gases de efeito estufa até 2030 de 40% em relação a 1990. Este objetivo está associado a um aumento da quota de energias renováveis utilizadas, que não deverá ser inferior a 27% do consumo energético total e da quota de eficiência energética de 25%.

### As estratégias energéticas nacionais

A Estratégia Energética Nacional (SEN) é o instrumento para nortear e programar as diretrizes da política energética italiana. Ela responde tanto à Diretiva 2009/28/CE relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis, que exige aos Estados-Membros adotar um plano de ação nacional para as energias renováveis, quanto à Diretiva 2012/270/UE relativa a eficiência energética, que exige que cada Estado-Membro elabore até 2014 um Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética.

A SEN vigente está centrada em quatro objetivos principais (AA.VV, 2013):

- Alcançar e superar as metas estabelecidas pelo Pacote Europeu Clima-Energia 2020, para o qual se pretende alcançar 20% de incidência de energia renovável sobre o consumo final e a redução de 86 a 76% de combustíveis fósseis. As energias renováveis deveriam tornar-se a principal fonte de geração de eletricidade para cobrir 38% do consumo. Há uma previsão de economia de 20 Mtep de energia primária, atingindo em 2020, um nível de consumo cerca de 25% menor em relação ao cenário de referência na Europa. Para 2030 espera-se cumprir as exigências da UE, bem como para 2050, a expectativa é alcançar o cenário de descarbonização delineado no *Tabella di marcia per l'energia 2050*.
  - Reduzir a diferença entre o custo da energia para os consumidores e para as empresas, com um alinhamento entre os preços e os custos da energia. Isso envolve (I) o desenvolvimento de um mercado elétrico totalmente integrado com o europeu através da gradual integração da produção renovável através da potencialização das redes elétricas, (II) a reestruturação dos setores de refino e distribuição de combustíveis, para obtenção de uma estrutura de custos mais competitiva e uma melhor qualidade do serviço oferecido, (III) o desenvolvimento da produção nacional de hidrocarbonetos em conformidade com os mais altos padrões internacionais em termos de segurança e proteção do ambiente;
  - Melhorar a segurança do abastecimento, especialmente para o gás e a redução da dependência do mercado externo. Além da promoção de um mercado de gás mais competitivo, através da realização de infraestruturas capazes de tornar a Itália o principal ator do centro sul europeu;
  - Desenvolver o setor energético como fator de apoio ao crescimento econômico nacional de tipo sustentável.
- A eficiência energética é reconhecida como uma estratégia prioritária de SEN, uma vez que contribui para alcançar todos os objetivos energéticos, econômicos e ambientais. Com esse objetivo, pretende-se agir em nível normativo simplificando e reforçando instrumentos e ações existentes a favor dos vários setores do mercado. Em particular, prevê-se o seguinte:
- Reforço das normas mínimas e da normativa, em particular dos setores da construção civil e do transporte e o suporte à co-geração de alta eficiência;
  - Extensão do benefício fiscal, especialmente para reestruturação de obras civis, revistas para torná-las mais eficazes em termos de custo-benefícios;
  - Introdução de incentivos diretos para a intervenção da administração pública, que deverá atuar como modelo e guia para o resto da economia;
  - Reforço dos objetivos e mecanismos dos Certificados Brancos, prevalentemente dedicados aos setores industriais e de serviços, mas relevantes também para os setores de transporte e residencial;
  - Reforço do modelo ESCO (*Energy Service Company*), o controle e a potencialização de medidas através de ações de monitoramento, a comunicação e a sensibilização dos usuários (Cidadãos, empresas...) e o suporte à pesquisa e à inovação.
  - Deslocamento do consumo dando mais relevância ao setor elétrico através da difusão de bombas de calor geotérmicas para o aquecimento e resfriamento, da mobilidade eléctrica nas estradas e na rede ferroviária e da modernização da distribuição da energia eléctrica;
  - Recuperação e valorização dos resíduos, especialmente dos orgânicos para a produção de biometano;
  - Início de ações na área do planejamento energético e do desenvolvimento urbano sustentável.

## Estratégias energéticas e características das paisagens energéticas brasileiras

No Brasil, a presidente da república em anúncio realizado em junho de 2015 reconheceu a necessidade de acelerar o emprego de energia renovável para estimular a economia. Para isso, pretende atingir 20% de participação de fontes renováveis – além da geração hidráulica – na matriz elétrica até 2030. Enfatizou ainda, a importância do Diálogo Estratégico de Energia (BRASIL, 2015c).

### O Plano Nacional de Energia

Tal anúncio retrata uma mudança de política em relação ao Plano Nacional de Energia - 2030, elaborado em 2007 e publicado em 2008 pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) vinculada ao Ministério de Minas e Energia. O plano apresenta a geração de eletricidade a partir de usinas termelétricas como benéfica *por contribuir para a mitigação dos riscos hidrológicos pela diversificação, contando ainda com a vantagem de localização por estar próxima aos centros consumidores, diminuindo a necessidade de investimentos em transmissão* (BRASIL, 2008b).

David Zylbersztajn (CATAVENTO; FGV ENERGIA, 2014) sustenta que enquanto o mundo busca incessantemente se tornar mais renovável, o Brasil caminha na contramão, devido ao baixo investimento em fontes renováveis e eficiência energética; às limitações ambientais para a construção de hidrelétricas e ao pouco empenho em utilizar energia solar e biomassa.

O próprio Plano Nacional de Energia confirma a importância da obtenção de uma matriz energética mais limpa, investimento importante para o país, caso haja compromisso de redução de emissões do Protocolo de Kyoto (BRASIL, 2008b, p.112).

Atualmente o Brasil, não participa do Protocolo de Kyoto de forma obrigatória, com metas de redução vinculantes, assim como os demais países em desenvolvimento. Porém contribui de forma voluntária, por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que gera projetos de créditos de carbono (ECODESENVOLVIMENTO, 2012).

Do ponto de vista normativo, em 2009, foi instituída a Política Nacional sobre Mudanças do Clima, por meio da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009.

A lei determina a elaboração de *Planos setoriais de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas visando à consolidação de uma economia de baixo consumo de carbono, na geração e distribuição de energia elétrica, no transporte público urbano e nos sistemas modais de transporte interestadual de cargas e passageiros, [...] com vistas em atender metas gradativas de redução de emissões antrópicas quantificáveis e verificáveis [...]*.

Segundo Carlos Rittl, secretário executivo do Observatório do Clima, um dos grandes desafios do Brasil é o planejamento econômico e energético, afirmando ainda que a questão das mudanças climáticas ainda não é considerada nos planejamentos, *sendo a atual crise energética e hídrica do país prova disso* (TUFFANI, 2015).

Antes de 2009, foi instituída através da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Tal iniciativa teve como objetivos favorecer a diversificação das fontes de geração de energia elétrica, para aumentar a segurança no abastecimento, a valorização das características e potencialidades regionais e locais, além de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Para isso, estabeleceu como meta a implantação de instalações de centrais eólicas, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas - PCH (BRASIL, 2008c).

Segundo o site do Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2015b), o PROINFA é um programa pioneiro, que impulsionou as fontes renováveis, em especial a energia eólica. Tendo o Brasil passado em pouco mais de 3 anos, de apenas cerca de 22 MW de energia eólica instalada, para os atuais 414 MW instalados.

### A matriz energética brasileira

A matriz energética brasileira conta com 60% de sua oferta baseada em fontes tradicionais: petróleo e derivados, gás natural, carvão mineral e Urânio; e 41% baseada em fontes renováveis: derivados de cana de açúcar, hidráulica, lenha e carvão entre outras fontes renováveis (CATAVENTO; FGV ENERGIA, 2014).

Segundo o estudo observa-se a predominância de petróleo e derivados nas fontes tradicionais e hidroeletricidade e biomassa a partir dos derivados de cana nas fontes renováveis.



Recentemente o país utilizou uma matriz mais intensiva em carbono, em função do acionamento regular das termelétricas devido à escassez de água em função da falta de chuvas. Além de aumentar a poluição, o despacho das termelétricas impacta no preço das tarifas de geração de energia elétrica. O preço do MWh gerado por hidroelétrica de grande porte é cerca de R\$84,6/MWh. O equivalente em uma usina termelétrica a óleo diesel é R\$507,2/MWh (CATAVENTO; FGV ENERGIA, 2014).

Devido a dificuldade de instalação de novas estruturas para a produção de energia hidráulica, eólica e/ou solar, devido as restrições ambientais e a baixa do preço do petróleo, o Brasil não avançará no que diz respeito à utilização de fontes renováveis se não houver um direcionamento concreto para o uso das fontes renováveis.

Sendo o governo brasileiro quem licita, concede licença ambiental e financiamento é ele quem deve priorizar as fontes renováveis e para isso é necessário que os custos ambientais e paisagísticos sejam internalizados por toda a população de maneira clara.

Abordando brevemente algumas características sobre a produção de energia no Brasil e sua relação com a paisagem e com o meio ambiente, cabe mencionar, cronologicamente, a extração de carvão, a construção de barragens em cursos d'água e de torres de eletricidade em campos e cidades, a instalação de usinas nucleares, a adoção de placas de conservação de energia solar e a implantação de torres de geração de energia eólica. A seguir apresentam-se algumas características das principais fontes renováveis do Brasil.

As hidrelétricas contribuíram expressivamente na oferta interna de energia do Brasil. No período entre as décadas de 70 e 90, esses empreendimentos eram construídos em locais afastados dos grandes centros consumidores e baseados em grandes reservatórios de água. Tais reservatórios promovem o alagamento de grandes extensões de terra, impactando fauna, flora, a morfologia do solo, além de exigir a realocação de população.

Por outro lado, as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) são instalações que apresentam menores impactos ambientais e se prestam à geração descentralizada, porém este tipo de hidrelétrica é

mais vulnerável ao clima e em caso de estiagem necessita da utilização de térmicas (mais poluentes). Utilizada principalmente em rios pequenos, operam a fio d'água, isto é, o reservatório não permite a regularização do fluxo d'água; sendo assim, em períodos de estiagem a vazão de água pode ser menor que a capacidade das turbinas, causando ociosidade (PORTAL PCH, 2015).

No que diz respeito aos incentivos de instalação de PCHs, para aquelas que iniciaram operação até 2003, a resolução da ANEEL permite que a energia gerada entre no sistema sem que o empreendedor pague as taxas pelo uso da rede de transmissão e distribuição. Além disso, as usinas são dispensadas de remunerar municípios e Estados pelo uso dos recursos hídricos.

Recentes exigências sociais e ambientais vêm tornando cada vez mais difícil a expansão da matriz energética do país por meio de grandes hidrelétricas, reduzindo assim, sua participação na matriz energética de 16% em 2000 para 13% em 2013 (CATAVENTO; FGV ENERGIA, 2014).

A biomassa também desempenha um papel importante no país, não somente no setor elétrico, mas também na oferta de combustíveis como o álcool. A bioenergia é uma ótima opção no processo de mitigação dos impactos gerados pelas emissões de gases de efeito estufa na atmosfera e na substituição dos combustíveis fósseis (BRASIL, 2008b, pag. 111). O Instituto Nacional de Eficiência Energética afirma que devido à insolação elevada e a alta produtividade agroflorestal, o Brasil reúne condições necessárias para o uso de fontes renováveis. Poderia aproveitar mais os resíduos agroindustriais e biomassas com ciclos de crescimento curtos e de baixo custo, que complementam ou podem substituir a madeira como fonte de energia (INSTITUTO, 2015).

Porém apenas a biomassa produzida a partir da cana-de-açúcar recebe incentivos governamentais no país, para estimular sua inserção no diesel e nos carros flex (movidos a álcool e à gasolina). No Brasil, a política do álcool é considerada como a grande revolução energética em resposta às crises do petróleo.

O setor industrial utiliza empreendimento de cogeração a partir do bagaço de cana em que a

fonte energética ao ser queimada, gera energia térmica em forma de vapor e energia elétrica.

A energia eólica representa apenas 1,1% da oferta interna de energia e 3,2% do fornecimento de eletricidade (CATAVENTO; FGV ENERGIA, 2014). A energia solar fotovoltaica, por sua vez, responde a apenas 0,01% da energia elétrica gerada no país. Porém, considerando os leilões de fontes renováveis que estão ocorrendo, prevê-se um possível aumento dessa participação na matriz.

No Brasil, as fontes eólicas e solar, em função de seu caráter intermitente, são consideradas complementares às fontes de energia tradicionais e a hidrelétrica. A região Nordeste apresenta as melhores condições do Brasil para o aproveitamento da energia eólica, pelos regimes dos ventos e pela possibilidade de complementaridade com a energia hidráulica. No período de menor vazão dos rios observam-se as melhores incidências de vento.

### As políticas energéticas brasileiras

Atualmente, o grande incentivo dado às fontes alternativas de energia está, conforme dito anteriormente, na criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), criado pela Lei nº 10.438, de 26 abril de 2002, e regulamentado pelo Decreto nº 5.025, de 30 março de 2004, que promove a instalação de 3.300 MW de potência, sendo 1.423 MW de usinas eólicas, 1.192 MW de pequenas centrais hidrelétricas e 685 MW de biomassa (BRASIL, 2008c).

Obviamente, como toda tecnologia de produção de energia, as turbinas eólicas apresentam algumas características ambientais desfavoráveis como, por exemplo, o impacto visual, o ruído audível, interferência eletromagnética, ofuscamento e danos à fauna, ainda que em pequena escala. O impacto visual se refere à reação provocada por um parque eólico. Tal reação é subjetiva, porque algumas pessoas olham a turbina eólica como um símbolo de energia limpa sempre bem-vindo, outras reagem negativamente à nova paisagem (BRASIL, 2008a).

Segundo o Plano Nacional (BRASIL, 2008c) no Brasil, o principal programa de incentivo à utilização de energia fotovoltaica é o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Município (PRO-

DEEM), projeto de cunho social, com o objetivo de difundir a utilização das fontes alternativas de energia para as comunidades situadas fora das redes de distribuição. O aproveitamento da energia solar térmica, através de instalações de aquecimento solar de pequeno, médio e grande porte, tem-se mostrado uma solução técnica e economicamente viável, tanto para o consumidor residencial, quanto para as concessionárias de energia.

Do ponto de vista dos impactos causados pelas plantas solares, o Plano Nacional de Energia (BRASIL, 2008c) cita, a poluição térmica e química dos recursos hídricos, a perda de habitat devido ao uso da terra, o impacto visual, o ruído, e os danos ao ecossistema, sendo os dois primeiros considerados os mais importantes.

Nas plantas heliotérmicas de larga escala, o principal impacto visual é atribuído às instalações de torre de potência. Contudo, devido à necessidade de utilização do meio atmosférico como parte do processo, o emprego desses sistemas exige a disponibilidade de áreas de baixa densidade populacional cuja interferência visual é pouco provável, além da exclusão dos locais de especial beleza natural. Neste contexto, é igualmente pouco provável a ocorrência dos impactos causados por ruído à população local (TOLMASQUIM, 2004).

Segundo o *site* da Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL – (BRASIL, 2015a) embora pouco significativos diante do grande potencial existente, já há vários projetos de aproveitamento da radiação solar para aquecimento de água no país. Os fatores que têm contribuído para o crescimento deste mercado segundo o *site* são: a divulgação dos benefícios do uso da energia solar; a isenção de impostos; financiamentos, como o da Caixa Econômica Federal, aos interessados em implantar o sistema; e a necessidade de reduzir os gastos com energia elétrica durante os períodos de racionamento.

Também são crescentes as aplicações da energia solar para aquecimento de água em conjuntos habitacionais de baixa renda e casas populares nos âmbitos estaduais (Figura 5) e municipais. Por exemplo, podem-se citar as habitações construídas pelas prefeituras municipais de Serra e Cariacica no Espírito Santo que prevê o aquecimento

de água para chuveiro, por meio de equipamento solar no âmbito do Projeto do Bairro Solar desenvolvido pela EDP Escelsa em parceria com o governo do Estado (GAZETA ONLINE, 2011).

Outro elemento propulsor dessa tecnologia é a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e a promoção da eficiência nas edificações construídas no País.

Conforme Catavento e FGV Energia (2014), as possibilidades de expansão da oferta de energia, necessária para suportar o crescimento do Brasil evidenciam que o país tem diversos desafios a serem enfrentados, tais como: de que forma e aonde expandir a geração hídrica; como impulsionar o desenvolvimento de demais fontes renováveis e otimizar seu caráter intermitente; qual o papel da exploração das reservas do pré-sal em um contexto de pressão por redução de exposição a combustíveis fósseis. A despeito desses desafios, é preciso reconhecer os esforços governamentais em realização no Brasil, no estímulo à produção de energia de modo sustentável, com destaque para os resultados positivos e crescentes na difusão da utilização da energia solar, inclusive em habitação de interesse social, e na expansão da captação de energia eólica, como já mencionados.

Este artigo se propôs a iniciar uma comparação entre os conceitos de paisagem e de paisagem da energia presentes nas abordagens italiana e brasileira e a partir das diversas estratégias energéticas em andamento nos dois países. Como prosseguimento e aprimoramento da temática são necessários aprofundamentos no que se refere a cada diferente paisagem energética brasileira e italiana.

## Referências

- AA.VV. **Convenzione europea del paesaggio**. Firenze: 2000.
- AA.VV. **État des énergies renouvelables en Europe**. EurObserver Report, 2011.
- AA.VV. **EU energy in figures**: Statistical pocketbook 2012. European Union: 2012.
- AA.VV. **Le fonti rinnovabili 2010**: Ricerca e innovazione per un futuro low-carbon. Roma: ENEA, 2010.

**Figura 5** Aparatos de captação de energia solar em conjunto residencial do Programa Nossa Casa, do Governo do Estado do Espírito Santo, em Jabaeté, Vila Velha, Espírito Santo, Brasil, em 2013



Fonte Pedro Ronchi

AA.VV. **Strategia Energetica Nazionale**: Per un'energia più competitiva e sostenibile. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ARQUITETOS PAISAGISTAS. **Carta brasileira da paisagem**. 2010. Disponível em: <[http://media.wix.com/ugd/205e15\\_2c5d7b9809854fe6804c082279d66a8a.pdf](http://media.wix.com/ugd/205e15_2c5d7b9809854fe6804c082279d66a8a.pdf)>. Acesso em: 09 set. 2015.

BRASIL. **IPHAN**: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Portaria Nº 127, de 30 de Abril de 2009.

BRASIL. **Agência Nacional de Energia Elétrica** Energia Solar. 2015a. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia\\_Solar\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acesso em: 30 set. 2015.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia**: O PROINFA. 2015b. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/>>. Acesso em: 30 set. 2015.

BRASIL. **Empresa de Pesquisa Energética, Plano Nacional de Energia - 2030**: Análise retrospectiva (Cadernos Temáticos). 2008a. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pne/forms/empreendimento.aspx>>. Acesso em: 04 jan. 2016.

BRASIL. **Empresa de Pesquisa Energética, Plano Nacional de Energia - 2030**: Projeções (Cadernos Temáticos). 2008b. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pne/forms/empreendimento.aspx>>. Acesso em: 04 jan. 2016.

BRASIL. **Empresa de Pesquisa Energética, Plano Nacional de Energia - 2030**: Outras Fontes, (Cadernos Temáticos). 2008c. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pne/forms/empreendimento.aspx>>. Acesso em: 04 jan. 2016.

- www.epe.gov.br/pne/forms/empreendimento.aspx> Acesso em: 04 jan. 2016.
- BRASIL. **Empresa de Pesquisa Energética, Plano Nacional de Energia –2030: Eficiência Energética** (Cadernos Temáticos). 2008d. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pne/forms/empreendimento.aspx>>. Acesso em: 04 jan. 2016.
- BRASIL. **Planalto, Brasil e EUA anunciam meta de 20% de fontes renováveis não hidráulicas na matriz elétrica**. Brasília, 30 jun. 2015 c. Disponível em: <<http://blog.planalto.gov.br/dilma-rousseff-anuncia-meta-de-ampliar-em-20-fontes-renovaveis-de-energia-ate-2030/>>. Acesso em: 04 set. 2015.
- BATTISTELLA, A. I nuovi paesaggi dell'energia, *www.nextville.it*, 2010
- BATTISTELLA, A. Trasformare il paesaggio. Energia eolica e nuova estetica del territorio, Edizioni ambiente, Milano 2010 A, COMMERCIO E TURISMO, Seconda relazione dell'Italia in merito ai progressi ai sensi della Direttiva 2009/28/CE, Dicembre 2013.
- CATAVENTO; FGV ENERGIA. Energia e sustentabilidade: Desafios do Brasil na Expansão da Oferta e na Gestão de demanda. **Cadernos**, ano 1, n. 3, 2014.
- CORTI, A. E. Identità Storiche e Priorità Progettuali, in *Un Castello di Carte*, AA. VV., ACMA, Milano: 2011.
- DECIMA COMMISSIONE ATTIVITÀ PRODUTTIVE, COMMERCIO E TURISMO. Indagine conoscitiva sulla Strategia energetica nazionale relativa alle principali questioni in materia di energia, Relazione Finale, 16 nov. 2014.
- DE-PASCALI, P. **Città ed energia**: la valenza energetica dell'organizzazione insediativa. Milano: Franco Angeli, 2008.
- ECODESENVOLVIMENTO. **COP-18 prorroga Protocolo de Kyoto até 2020**: mas resultado é aquém do esperado. dez. 2012. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2012/dezembro/cop-18-firma-extensao-do-protocolo-de-kyoto-mas>>. Acesso em: 21 set. 2015.
- FERRARA, G. Lunga vita alle rinnovabili (con qualche se e qualche ma). **Architettura del paesaggio**, n. 27, p. 33, 2012.
- FERRIOLO, M. V. **Percepire paesaggi, la potenza dello sguardo**. Torino: Bollati Boringhieri, 2009.
- GAZETA ONLINE. **Energia solar vai aquecer água do chuveiro de 4 mil moradores**. 19 dez. 2011. Disponível em: <[http://gazetaonline.globo.com/\\_conteudo/2011/12/noticias/a\\_gazeta/economia/1064838-energia-solar-vai-aquecer-agua-do-chuveiro-de-4-mil-moradores.html](http://gazetaonline.globo.com/_conteudo/2011/12/noticias/a_gazeta/economia/1064838-energia-solar-vai-aquecer-agua-do-chuveiro-de-4-mil-moradores.html)>. Acesso em: 21 dez. 2015.
- INSTITUTO NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. **Sobre Energia da Biomassa**. Disponível em: <[http://www.inee.org.br/biomassa\\_sobre.asp?Cat=biomassa](http://www.inee.org.br/biomassa_sobre.asp?Cat=biomassa)>. Acesso em: 23 set 2015.
- LAMBERTINI A. Paesaggi energetici sostenibili. **Architettura del paesaggio**, n. 27, p. 34-37, 2012.
- MAGONI M. Energia e paesaggio: tra passato, presente e prossimo futuro. **Trasporti e cultura**, n. 26, p.13-19, 2010.
- MINAS GERAIS. **Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://www.iepha.mg.gov.br/>>. Acesso em: 09 set. 2015.
- PORTAL PCH. **O que é uma PCH?**. Disponível em: <<http://www.portalpch.com.br/saiba-mais/o-que-e-uma-pch.html>>. Acesso em: 29 set. 2015.
- RAFFESTIN C. **L'industria: dalla realtà materiale alla messa in immagine**, in DanseroE., Vanolo A. (a cura di). Franco Angeli, Milano: 2006. p. 19-36.
- TOLMASQUIM, M. T. (org.). **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.
- TUFFANI M. **Dez anos depois, Protocolo de Kyoto falhou em reduzir emissões mundiais**. Colaboração para a Folha. São Paulo, 16 fev. 2015. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2015/02/1590476-dez-anos-depois-protocolo-de-kyoto-falhou-em-reduzir-emissoes-mundiais.shtml>>. Acesso em: 21 set. 2015
- VITÓRIA. **Lei Municipal 6705/2006**. Vitória, 2006.

PARTE 1 QUESTÕES URBANAS

# Proposições para um planejamento urbano responsável

---

**BIOSSPLENA PROJETOS ECODINAMICOS – BRASIL**

Miguel Angel Pino Quilodran

Rosiane Machado Pradella

Kellen Morandi da Silva

Giovana Ulian



## Introdução

A relação entre a procura por qualidade de vida e as necessidades e anseios de morar em cidades, onde os impactos sobre o meio ambiente precisam ser minimizados, propiciam a criação de lugares atrativos com uma grande diversidade de interações de uso.

Em resposta a essa necessidade, é fundamental contar com instrumentos de planejamento urbano efetivo, através de políticas públicas inclusivas, sendo elas uma forma de planejar e construir a cidade em conjunto com as pessoas.

Cidades equilibradas necessitam estar ancoradas nas três dimensões da sustentabilidade: social, econômico e ecológico. Segundo Giddinds *et al.* (2005) *apud* Meneguetti (2009) esta sustentabilidade pode ser alcançada de muitas formas, e algumas já estão exaustivamente debatidas:

- Uso de energia renovável e aumento considerável na eficiência energética;
- Reciclagem e reuso de materiais;
- Produção de alimentos dentro das cidades;
- Contenção da expansão urbana e desenvolvimento de centralidades de lazer e negócios, visando assegurar os empregos dentro das cidades e proteger a área rural.

O presente capítulo, desenvolvido junto à rede temática Ibero-Americana URBENERE (Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes), foi desenvolvido com embasamento em uma pesquisa sobre políticas públicas associadas à sustentabilidade e eficiência energética em seus conceitos fundamentais.

A criação de ferramentas e indicadores de qualidade urbana são fundamentais para conduzir a ocupação ordenada e equilibrada do território. Deste modo, as proposições sugeridas nesta publicação poderão auxiliar e também orientar nas decisões públicas de planejamento urbano sustentáveis a fim de encaminhar soluções ou mesmo antever problemas.

## Metodologia de pesquisa

A metodologia foi desenvolvida através da eleição de cinco eixos temáticos, baseados em: GOVERNANÇA E CIDADANIA, MOBILIDADE URBANA,

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, SANEAMENTO e EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.

Para cada eixo definido foi realizada uma pesquisa sobre as legislações, planos e normativas vigentes utilizadas em cada país envolvido à Rede URBENERE, sendo eles Brasil, Espanha, México, Portugal, Colômbia, Chile, Costa Rica e Equador.

Após a pesquisa, foi realizada uma caracterização, hierarquizando por cores o nível de qualificação, de desenvolvimento e aplicabilidade dessas leis, classificando-as através da analogia de um semáforo. Assim sendo, vermelho expressa um cenário crítico, com poucas políticas voltadas ao tema ou políticas desatualizadas e obsoletas, amarelo expressa um cenário emergente e verde um cenário bom, com políticas atuais e aplicadas.

Através desse diagnóstico, foi possível ampliar nosso *know-how* diante da vasta pesquisa, bem como entender as problemáticas vivenciadas em países que possuem realidades distintas e conhecer casos de sucesso. Com isso, as proposições ganharam forma e, a partir desta publicação, fazem parte dos nossos anseios de viver em um mundo melhor e de querer fazer parte dessa transformação, juntamente com as pessoas que representam a sociedade civil.

A seguir apresentam-se exemplos de alguns países que merecem destaque dentro dos temas pesquisados e que podem tornar-se uma referência de planejamento, efetividade e aplicabilidade para todos nós. Pela extensão e abrangência do tema outros exemplos poderiam ser apresentados, podendo ser alvo de publicações posteriores

## Governança e cidadania

Uma tendência que caracteriza tanto as concepções da boa governança como da governança participativa é a crescente ênfase dada à necessidade de aumentar o grau de interação dos diversos atores sociais, o que se faz necessário "para enfrentar um ambiente de turbulências e incertezas" (LOIOLA; MOURA, 1997, *apud* FREY, 2007). Governança, segundo Kooiman (2002, *apud* FREY, 2007), implica na necessidade de criar condições favoráveis para que as interações dos diversos atores sociais, imprescindíveis para lidar com a diversidade, possam ocorrer e pontes do entendimento possam ser construídas.

**Figura 1** Plaza de la Constitución - Santiago de Chile - Espaço público de manifestação da cidadania



A solidificação do senso de pertencimento a um lugar se constrói através de instrumentos que contribuam para o bem-estar da população. Com o senso de pertencimento aguçado, torna-se natural a preocupação, o cuidado e a vontade do desenvolvimento coletivo.

O desenvolvimento coletivo está ligado diretamente ao envolvimento das pessoas e dos agentes participativos permeando o avanço social do indivíduo e passando por ações coletivas que beneficiam a todos. Estas ações devem ser sempre conjuntas, pois quando acontecem bilateralmente o sucesso torna-se mais efetivo. O desenvolvimento pessoal acontece quando existe a possibilidade de trocas de experiências. Os espaços públicos de qualidade são os locais que se deve fomentar estas ações e, uma vez que eles conseguem alcançar este objetivo, a interação social é natural.

Uma vez criadas as condições, as trocas começam a acontecer, as pessoas tornam-se receptivas à colaboração e dessa forma aproximam-se dos agentes públicos que são o meio para o desenvolvimento das esferas que compreendem o bem viver. A inclusão social, segurança, oferta de serviços de necessidade básica são o foco do olhar dentro da diversidade e dinâmica urbana desenvolvida.

Os entes públicos devem criar condições que favoreçam estas relações, as propostas e a aplicação acontecerá espontaneamente. Quando o cidadão se sente participantes ele age melhor com a

cidade, é mais consciente. Porém é preciso criar instrumentos para que as pessoas efetivamente exerçam a cidadania. A pergunta – “Como usar a Cidade” – deveria ser respondida em sala de aula, ainda nos primeiros anos de educação, como uma estratégia para a participação popular e a conscientização no “uso” da cidade.

A seguir é apresentado o *Plan Nacional de Desarrollo*, experiência vivida pela Colômbia e que serve de exemplo para a temática Governança.

#### **Plan Nacional de Desarrollo, prosperidade para todos**

A meta do Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) da Colômbia é a paz. Através dessa premissa, o Governo da Colômbia busca a cada ano a consolidação da segurança de seu povo, um problema recorrente em outras épocas.

O PND ocasionou um grande salto no que diz respeito ao progresso social, alcançando um dinamismo econômico que possibilitou um avanço regional e o desenvolvimento sustentável através do fomento do emprego formal e assim a diminuição da pobreza garantindo prosperidade para todos. A estratégia de boa governança torna-se fundamental para o plano que possui as demais estratégias alicerçadas nesta condição, e esta visa assegurar a configuração e consolidação de um Estado moderno, transparente, eficiente e eficaz. Um governo que garanta um Es-

**Figura 2** Rede VLT e ciclovia - Vitoria-Gasteiz, Espanha - Sistemas de mobilidade integrados favorecem a inclusão e a interação entre as pessoas



tado como um instrumento de redistribuição de recursos e oportunidades.

### Mobilidade urbana

A mobilidade é um componente essencial à saúde da cidade. As cidades não podem ser pensadas em função de privilegiar o deslocamento em carro. O ritmo do encontro e interação das pessoas é o ritmo da caminhada, pelo qual precisamos desenhar as nossas cidades para que o espaço do pedestre seja determinante e que outros modos leves de deslocamento, como a bicicleta, também sejam favorecidos. O transporte público precisa ser de qualidade, oferecendo confiabilidade, conforto e dignidade ao usuário (LERNER *apud* GEHL, 2013).

Cada cidade possui uma dinâmica particular que está ligada ao cotidiano das pessoas. As necessidades de trabalho, moradia, lazer moldam as cidades a fim de adaptá-las ao modo de vida de seus habitantes. O conhecimento dessas necessidades torna-se indispensável para o entendimento da mobilidade urbana.

Entender os motivos que levam as pessoas a preferirem alguns caminhos à outros, se elas tem alternativas à esses caminhos, se elas se adaptam as opções recorrentes ou buscam alternativas a essas é o início do entendimento da dinâmica das cidades.

A interação entre as pessoas e as formas de mobilidade são o ponto de partida para que seja estabelecido uma relação efetiva, conectando as pessoas através de seus deslocamentos do dia a dia. A definição de usos atrativos ao longo dos trajetos, percursos consagrados por elementos que compõem a paisagem aliados as necessidades de deslocamentos com segurança pública podem ser o diferencial na indução de alternativas à forma de locomoção das pessoas.

Por isso, devem ser levantados os pontos negativos, identificando atuais e possíveis pontos de conflito a fim de promover novos trajetos e alternativas que sejam uma opção das pessoas e não do que lhes é disponibilizado.



Para a temática Mobilidade Urbana, destaca-se o planejamento urbano de Bogotá – Colômbia, exposto a seguir.

### Integração através da mobilidade

Colômbia é o país que merece destaque, em especial sua capital, Bogotá. O notável planejamento urbano de Bogotá começou em 1995 e dura até hoje, onde o foco principal sempre foi a melhoria de qualidade de vida das pessoas.

Em 1998, foi lançado o *Plan Maestro de Ciclo Ruta* (PMC), onde estabeleceu-se uma rede de 344 km de ciclovias por toda a cidade de Bogotá. Em uma época onde se falava constantemente em efeito estufa e aquecimento global, e as emissões de dióxido de carbono e outros gases cujos carros eram (e são) apontados como grandes vilões. Nesta época as bicicletas surgiram como um meio de transporte mais barato, eficiente e ecologicamente correto, além de aumentar a mobilidade dos habitantes, conectando toda a cidade igualmente, ajudaram a diminuir a sensação de exclusão e insegurança.

Aliado ao plano, foi lançado o Transmilênio S.A., um extenso sistema de BRT (Transporte rápido por ônibus) que se movimentam em faixas exclusivas e oferecem um transporte bem mais rápido por toda a cidade do que um motorista de automóvel poderia esperar nas vias superlotadas. O objetivo global do planejamento era sustentar o desenvolvimento social e econômico da cidade, fornecendo melhores condições de vida e mobilidade aos habitantes menos privilegiados (GEHL, 2013).

### Uso e ocupação do solo

Não existem dois terrenos iguais. Assim como as pessoas, também os terrenos tem sua identidade e características específicas, que devem ser profundamente investigadas e criteriosamente relacionadas ao entorno [...] (CASTELLO, 2008).

As características inerentes ao lugar são os fatores que mais refletem na qualidade da ocupação do solo. As condições físicas tornam cada lugar único e condicionam os impactos da sua ocupação. Analisar para o relevo, linhas naturais de drenagem das águas, cursos naturais de água, vegetação, trajetória aparente do sol, direção predominante dos ventos e clima é fundamental para

direcionar de forma positiva a ocupação que está acontecendo ou por acontecer.

Estratégias quanto a localização de zonas específicas, alturas de edificações, gabaritos viários, bem como arborização urbana podem ser pensadas afim de contribuir para a qualidade do crescimento das cidades. Porém, os mapas de zoneamento, muito utilizados até então, já não conseguem agrupar todo o entendimento que devemos ter para proposição de ocupação do solo. Preferencialmente, novas unidades de planejamento devem ser definidas para permitir melhorar a leitura do espaço e também conquistar o equilíbrio com todas as questões ambientais. A bacia hidrográfica como unidade de planejamento poderia cumprir com estes requisitos e contribuir com a eficiência da infraestrutura urbana necessária.

Os espaços urbanos de moradia, trabalho e lazer devem ter a premissa de intervenção consciente e de qualidade, onde a interação social seja alcançada em todas as esferas, proporcionado ampla acessibilidade, segurança e conforto além de locais que favoreçam a permanência espontânea e não somente por necessidade. Fala-se das novas centralidades urbanas, onde a população local possa dispor desta variedade de possibilidades. É preciso sobrepor a unidade básica de planejamento às centralidades espontâneas que se firmaram e potencializar os pontos positivos destas relações.

Assim, as estruturas passam a ser eficientes e proporcionam qualidade de vida quando se preocupam com sustentabilidade urbana, bem-estar das pessoas e preservação ambiental.

O Plano Verde da Cidade do México é destaque em uso e ocupação do solo conscientes e será explicado a seguir.

### Plano Verde, estratégias de revitalização urbana

O México é o país que se destaca dentro do assunto abordado, principalmente sua capital, Cidade do México, a qual já foi considerada a mais poluída, chegando a níveis críticos de poluição, devido à sua localização geográfica e seu crescimento desordenado e rápido. Durante décadas, a prefeitura buscou melhorias e tornou-a uma cidade resiliente lançando em 2008 o Plano Verde, constituído por 26 estratégias e 113 áreas de foco,

**Figura 3** Paseo mirador centro comercial Larcomar - Lima, Peru - Máximo aproveitamento das condições físicas no equilíbrio com a paisagem urbana



divididas nas temáticas de conservação do solo, habitabilidade e espaço público, água, mobilidade, qualidade do ar, resíduos sólidos, e mudanças climáticas e energia.

Algumas das estratégias consideradas neste plano consideram ações de controle de crescimento dos assentamentos humanos existentes, o resgate de espaços públicos existentes focando seu uso e desenvolvimento com vocações recreativas e ambientais, o controle do consumo e perda de água na rede pública, o incentivo da mobilidade não motorizada, a criação e promoção das oportunidades de mercado para incrementar o aproveitamento dos materiais reciclados, entre outros.

### Saneamento

A obtenção de benefícios oriundos dos serviços de saneamento está intimamente vinculada às características socioculturais da população que se pretende beneficiar. É necessária uma análise de diversos aspectos para verificar a forma como a comunidade se relacionará com a intervenção pretendida, buscando identificar a percepção

dos cidadãos em relação aos aspectos de saneamento. À obtenção de subsídios para a elaboração de políticas públicas que proporcionem a oferta de serviços de forma apropriada à realidade onde vivem e da maneira como necessitam (RUBINGER, 2008).

Além de entender as pessoas e seu modo de vida é indispensável conhecer o meio em que estamos inseridos, para atingir suas potencialidades, limitações, fraquezas e assim atender as suas necessidades básicas e preservar os recursos disponíveis.

A água no ambiente urbano é um sistema que envolve diversos usos como abastecimento (captação, tratamento e distribuição), o esgotamento sanitário (coleta e tratamento das águas servidas) e a drenagem (água da chuva e corpos hídricos urbanos). Estes sistemas são vulneráveis às alterações climáticas e intempéries, tais como secas e/ou inundações, e a falta de uma gestão integrada do território pode agravar estas consequências (ULIAN, 2015).

**Figura 4** Margens do Rio de Aveiro - Cidade de Aveiro, Portugal - Água como meio de transporte e receptora dos efluente gerados na cidade



**Figura 5** Dársena de Puerto Madero - Buenos Aires, Argentina - Edifícios inteligentes na cidade contemporânea as vezes carecem de planejamento energético eficiente



A preservação e monitoramento dos sistemas hídricos, a manutenção das faixas marginais com vegetação nativa além do conhecimento sobre as microbacias urbanas é o passo inicial para fomentar a gestão voltada à proteção das águas. Como recurso

natural essencial e indispensável à vida, minimizar a ocupação humana nesses locais mais sensíveis deve ser um objetivo recorrente, a fim de proteger as águas superficiais e subterrâneas tornando-se uma ferramenta de gestão básica das cidades.

As necessidades vão muito além da preocupação com água e as demais problemáticas que devem ser tratadas com a mesma intensidade. A realidade dos resíduos sólidos é um exemplo disso, conhecer as características do que é gerado e quanto é gerado é a base para pensar na sua gestão integrada. Problemas com permeabilidade de solo, contaminação dos recursos hídricos e esgotamento de áreas disponíveis são recorrentes em locais que não conseguem atuar efetivamente nessa gestão.

A gestão do saneamento precisa relacionar-se com os aspectos de uso e ocupação do solo. A unidade básica de planejamento, que pode ser a bacia hidrográfica, deve receber proposições integradas de forma a não onerar demasiadamente os custos com a infraestrutura de saneamento.

Além disso, o saneamento básico tem reflexo no bem estar da cidade e saúde das pessoas, tanto que a situação da saúde pública é uma consequência direta do estado de desenvolvimento e gestão eficiente dos recursos necessários para atender estas necessidades.

É ilustrado a seguir a Espanha, que demonstrou ser um bom exemplo no eixo saneamento, principalmente no que diz respeito à gestão das águas.

#### A solução através da gestão participativa da água

A Espanha é um país que historicamente atravessa graves problemas de escassez hídrica, especialmente nas bacias hidrográficas mediterrâneas. Diante disso, preocupou-se em regulamentar a gestão ambiental através de políticas públicas atuais.

Para gerenciar seus recursos hídricos, o governo espanhol criou administrações especializadas organizadas por territórios compreendidos pelas bacias hidrográficas. As ações tiveram início na construção de infraestrutura hídrica e após, o seu foco passou a ser a proteção e o uso sustentável da água, uma tendência que vem sendo reforçada ao longo dos anos.

As comissões dessas bacias possuem vários órgãos consultivos para aumentar a participação do cidadão no processo de tomada de decisão, sob supervisão do Ministério do Meio Ambiente.

A "*Ley de Aguas*" da Espanha tem por objetivo a regularização do domínio público hidráulico, o

uso das águas e o exercício das competências atribuídas ao estado delimitadas no artigo 149 da Constituição espanhola.

#### Eficiência energética

A expansão e a diversificação do uso da energia e o surgimento de novas formas de oferta resultaram em um quadro mundial de extrema complexidade, com repercussão tanto na economia dos países e nas relações internacionais como no dia a dia das pessoas. E, as mudanças continuam a ocorrer, em função de novos hábitos e intensa atividade de pesquisa em busca de progresso tecnológico, invenções e inovações (LEITE, 2015).

A eficiência energética abrange diversas escalas e independentemente de qual for a abordagem, ela sempre terá reflexo na vida humana e nos recursos naturais disponíveis. Pode-se pensar em uma das menores escalas, aquela que reflete o dia a dia do indivíduo, como também é possível focar na vida coletiva e em comunidade. Ainda, independentemente qual for a forma de pensá-la, a premissa sempre deve ser a vida das pessoas. É evidente a necessidade de aplicar um planejamento dos recursos energéticos que abrange todas as escalas, baseado no contexto local, regional e até global, mas o que merece um olhar mais apurado é o local junto das suas particularidades. Para avançar nisso, é possível pensar em estratégias que condicionem e reflitam diretamente no cotidiano a fim de utilizar os recursos naturais disponíveis de forma coerente, buscando alternativas que minimizem o consumo energético.

Uma forma de conseguir isso é pensar nas edificações qualificando seu desempenho. A utilização de soluções construtivas de forma eficaz, a inovação com materiais não tão recorrentes muitas vezes torna-se uma alternativa eficiente ao consumo excessivo de recursos energéticos ou mesmo a preservação dos mais escassos.

O conforto interno está ligado no desenho da edificação, nas espessuras de suas envoltórias e cobertura, nas proporções e hermeticidade de suas aberturas e também nas propriedades desses materiais utilizados. Condicionar as edificações a padrões mínimos podem significar menor necessidade de equipamentos para aquecimento ou resfriamento de ambientes, maior exposição à iluminação natural

consumindo menor quantidade de energia. Elementos arquitetônicos incorporados às edificações a fim de potencializar estas questões, como também formas de captação de energias alternativas de forma coletiva, acabam sendo soluções a problemas ocasionais e futuros, além de também poder funcionar como moeda de troca por órgãos públicos na hora de incentivar o uso destas estratégias. Dessa forma, esse tipo de alternativa e solução também acaba sendo incorporada como cultura da população.

A administração pública pode implementar progressivamente um sistema de iluminação mais eficiente e ainda assim melhorar a segurança. Além disso, incentivar que a iniciativa privada o faça, especialmente nas novas urbanizações.

As indústrias de modo geral, podem implementar aos seus sistemas produtivos tecnologias que permitam retroalimentar seus sistemas, reduzindo o consumo de energia e por consequência seus custos.

Para qualquer situação é preciso avaliar indicadores e analisar casos de sucesso de boas práticas na redução do consumo de energia.

A seguir é apresentado o exemplo do Chile, país destaque dentro da temática Eficiência Energética.

### Procurando conforto ambiental, desde o princípio

A "*Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones*" (OGUC) do Chile, equivalente ao Códigos Municipais de Obras das cidades Brasileiras, é uma regulamentação de carácter obrigatório. Deve ser aplicado gradativamente na qualidade do isolamento térmico a ser aplicado na envoltória das edificações, principalmente as de uso residencial, na qual se encontram indicadores específicos para cada uma das zonas climáticas identificadas no seu território. Considera a diversidade e variáveis climáticas do extenso território chileno, caracterizadas por regiões áridas, húmidas, temperadas e geadas além de possuir grande inercia térmica diária e estacionais.

A aplicação do artigo 4.1.10 "*Condiciones de acondicionamiento térmico*", foi sendo exigido gradualmente, onde a primeira delas aconteceu no ano 2000 e considerava requisitos de isolamento térmico só para coberturas. No ano 2007, entrou em vigência a segunda etapa que exigiu o isolamento de paredes, pisos e janelas.

Estas regulamentações foram exigidas somente para construções novas, reformas e ampliações, com ênfase na construção e desenho de residências destinadas a moradia popular, com o propósito de diminuir os custos de consumo energético e manutenção de condições de climatização durante a vida útil das residências.

Uma terceira etapa será contemplado o desempenho energético, considerando o monitoramento *in loco* das condições de conforto ambiental destas moradias. Os requisitos de habitabilidade compreendem fechamentos opacos, como coberturas, paredes externas e pisos ventilados. Para os fechamentos translúcidos compreendem definição dos percentuais máximos das áreas das aberturas em função do tipo de vidro e da zona climática. A implantação, execução e fiscalização começa no momento da solicitação da aprovação da licença de construção da residência, sendo o departamento de obras do município o encarregado da sua fiscalização e cumprimento.

### Referências

BARCZAK, R.; DUARTE, F. Impactos ambientais da mobilidade urbana: cinco categorias de medidas mitigadoras. **URBE**, Curitiba, v. 4, n. 1, jan-jun 2012.

**BRASIL**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/>>. Acesso em: jun. 2015.

CASTELLO, I. R. **Bairros, Loteamentos e Condomínios**: Elementos para o projeto de novos territórios habitacionais. 1 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008. 206 p.

**CHILE**. Disponível em: <[www.gob.cl/](http://www.gob.cl/)>. Acesso em: jun. 2015.

**COLÔMBIA**. Disponível em: <<http://wp.presidencia.gov.co/Paginas/Presidencia.aspx>>. Acesso em: jun. 2015.

**COSTA RICA**. Disponível em: <<http://presidencia.gov.cr/>>. Acesso em: jun. 2015.

**EQUADOR**. Disponível em: <[www.presidencia.gob.ec/](http://www.presidencia.gob.ec/)>. Acesso em: jun. 2015.

**ESPAÑA**. Disponível em: <<http://www.lamontcloa.gob.es/>>. Acesso em: jun. 2015.

FREY, K. Governança urbana e participação pública. **RAC-Eletrônica**, v. 1, n. 1, art. 9, p. 136-150, 2007.

GEHL, J. **Cidades para pessoas**. 1 ed. São Paulo: Perspectiva, 2013. 262 p.

LEITE, A. D. **Palestra “Eficiência Energética”**, 16 abr. 2015. Disponível em <<http://www.ane.org.br/ane2014/index.php/104-eventos/368-acad-dias-leite-palestra-eficiencia-energetica-16-04-2015>>. Acesso em: 26 ago. 2015.

MENEGUETTI, K. S. **Cidade jardim, cidade sustentável: a estrutura ecológica urbana e a cidade de Maringá**. Maringá: Eduem, 2009. 206 p.

**MÉXICO**. Disponível em: <<http://www.presidencia.gob.mx/>>. Acesso em: jun. 2015.

**PORTUGAL**. Disponível em: <[www.portugal.gov.pt/](http://www.portugal.gov.pt/)>. Acesso em: jun. 2015.

RUBINGER, S. D. **Desvendando o conceito de saneamento no Brasil: uma análise da percepção da população e do discurso técnico contemporâneo** [manuscrito]. 2008. 197 f., enc. : il.

ULIAN, G. **Avaliação diagnóstica para a gestão urbana através de indicadores de “hidricidade”**. 2015. 294 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidad del Bio-Bio, Concepción, Chile. 2015.

# Energia elétrica no contexto urbano: breves aspectos legais e institucionais

---

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – BRASIL

Mirian Lacerda



## Introdução

Versar sobre o arcabouço legal brasileiro referente à energia, e em especial sobre as políticas públicas voltadas para a energia elétrica não é tarefa simples, especialmente considerando o curto espaço de um capítulo de livro. Sabe-se que a legislação exerce inegável influência nas cidades brasileiras, afetando diretamente a forma, ocupação e transformação urbana. O planejamento e a gestão integrada de energia elétrica possui papel primordial na elaboração de um modelo sustentável de desenvolvimento, garantindo o direito à cidade. E como a sustentabilidade não está relacionada apenas às questões ambientais, abrangendo também as perspectivas econômicas, sociais e políticas é necessário promover a integração de todas essas dimensões para embasar satisfatoriamente uma discussão que envolva a temática.

É inegável a importância que a energia elétrica tem para a sobrevivência e o desenvolvimento social. O acesso à energia elétrica é hoje requisito básico de cidadania, sem o qual o indivíduo fica marginalizado no que se entende por desenvolvimento. A forte relação entre energia elétrica com a inclusão social dos indivíduos é um exemplo dos efeitos sociais da eletricidade e de seu papel na construção do desenvolvimento (REIS, 2006).

As necessidades basilares do homem contemporâneo estão muito além das preconizadas pela Constituição Federal Brasileira de 1988. Além da garantia de acesso à educação, a saúde, a alimentação, ao trabalho e à moradia, previstos em seu art. 5º, o acesso a outros bens são tão importantes quanto estes elencados, haja vista que se configuram como pré-requisitos para a sua própria efetivação. A energia elétrica, por conseguinte, há de ser considerada dentre esses bens atualmente indispensáveis para a concretização da vida digna.

Importa relacionar a noção do direito à cidade em uma perspectiva jurídica ao debate sobre direitos e cidadania, de onde emerge a compreensão de garantia ao acesso à energia elétrica como um direito fundamental social, que se coaduna com à dignidade humana e ao mínimo existencial. Estar à margem urbanisticamente no Brasil significaria viver marginalmente, literalmente nas periferias da cidade, ou se em áreas centrais, viver

com acesso precário aos serviços públicos essenciais e equipamentos urbanos e usufruindo um estatuto da cidadania de segunda classe.

Os aspectos básicos de um cenário formado pelo planejamento energético, pela matriz energética e por políticas relacionadas à energia devem ser enfatizados visando também solucionar o antigo desafio ainda não resolvido de levar eletricidade para todas as pessoas. Métodos de planejamento e gestão que incorporem processos participativos populares de decisão do Estado, em estruturas que favorecem o diálogo, podem servir como pontos de apoio para o estabelecimento de políticas e estratégias de longo prazo, relacionadas com o desenvolvimento sustentável, de forma a garantir qualidade de vida.

Sendo assim, dentre os múltiplos papéis e ações do Estado, insta inicialmente ressaltar acerca da sua importância como regulador e regulamentador das ações que dizem respeito às políticas voltadas para a energia, o direito à cidade e à sustentabilidade. Por cuidar da administração e da manutenção das cidades, o poder público tem a responsabilidade de considerar maneiras alternativas para lidar com tais questões, através do estabelecimento de marcos jurídicos (leis, regras e normas).

Segundo Frug (2009), o problema arquitetônico mais grave em relação à transformação urbana não é a arquitetura dos prédios ou bairros. É a arquitetura da estrutura administrativa da cidade. A articulação das atuais políticas públicas de médio e longo prazo exige um esforço maior do que tem sido a regra até hoje, especialmente quando o modelo político-administrativo do Estado burocratiza e limita o que as cidades possuiriam como competência para gestão.

A estrutura atual de governança da cidade pode ser considerada ineficiente por algumas razões, como por exemplo, a fragmentação do poder, autonomia dos entes federativos e divisão de suas competências previstas no regime político federativo. Algumas matérias são alocadas ao governo estadual e outras ao municipal, onde muitas vezes tais assuntos não são trabalhados de maneira coordenada. Porém, algumas questões estão sob responsabilidade do governo federal, e as leis federais limitam fortemente decisões estaduais ou locais.



Tem-se, ainda, que a legislação estatal concede poder aos agentes privados para controlar importantes questões algumas das quais (como a energia) são sujeitas a regulação federal, dentre outras (como padrão de construção dos edifícios) que dependem de regulação estadual e municipal.

Sendo a energia elétrica considerada hoje um item indispensável na vida dos seres humanos, tem-se o dever de desenvolver, aprimorar, aperfeiçoar e encontrar formas de gerá-la sem que haja a degradação do meio ambiente e que possa ter um baixo custo a fim de que seja acessível para todos.

A questão energética frente ao Direito não se restringe mais nas relações entre produção, transmissão, distribuição e consumo de energia. Atualmente a energia deve ser pensada também como um recurso natural escasso que coloca como problema a própria continuidade operativa da sociedade como um todo; e, ao mesmo tempo, como um produto cuja utilização não pode agravar a situação ecológica do planeta. E isso significa: exigências de sustentabilidade.

Frente à realidade brasileira, mesmo com todo o potencial hídrico existente no território nacional, a energia elétrica passa por diversos reajustes (aumentos) nos últimos anos, devido à ameaça na escassez da principal fonte para a geração da mesma: a água. Dessa feita, aumenta-se a busca por métodos alternativos de geração de energia e que sejam viáveis economicamente.

O Ministério de Minas e Energia do Brasil calcula que para o ano de 2030, haverá no Brasil um consumo de energia elétrica entre 950 a 1.250 TWh/ano. Mesmo chegando a um aproveitamento de 80% do potencial hidráulico brasileiro ainda não será suficiente para atender esta demanda. Segundo Suzuki e Rezende (2013), a energia solar fotovoltaica, implantada gradativamente, pode ser uma boa opção para complementar essa demanda por energia elétrica.

Silveira *et al.* (2015), expõe que o sistema de Geração Distribuída (GD) é uma alternativa tecnológica para minimizar o impacto ambiental das concessionárias geradoras. Esse sistema tem como motivação a produção de energia elétrica gerada por particulares, por meio de fontes de energia renováveis, principalmente as de origem solar, eóli-

ca e biomassa. Essa modalidade chega como uma alternativa para a produção de energia centralizada, diminuindo o impacto ambiental. Ela se baseia na descentralização da produção de energia elétrica pelas centrais geradoras de energia (centrais elétricas), sejam elas hidroelétricas, termoeleétricas ou termonucleares e outras, trazendo-as para próximo do consumidor, reduzindo, em parte, o desperdício de energia, a sobrecarga da rede e os altos custos em investimentos de expansão e manutenção com transmissão.

Os estudos oficiais do governo brasileiro (Plano Nacional de Energia 2030) não consideraram o uso da energia solar fotovoltaica nos planos de expansão do setor elétrico. É uma tendência mundial o aumento da participação das fontes renováveis como elemento primário na geração de energia elétrica. Contudo, o custo elevado da implantação de sistemas baseados em fontes renováveis em comparação aos sistemas tradicionais ainda é um fator que dificulta a participação efetiva dessas fontes na matriz energética.

Dessa feita, pretende-se no presente estudo analisar alguns atos normativos da legislação brasileira voltada para a questão urbana, o direito à cidade e à questão energética contribui para a sustentabilidade, e as possíveis dificuldades encontradas para sua efetivação e implantação no Brasil. Também se verificará a existência de uma mudança na visão dos legisladores, planejadores e gestores do setor elétrico brasileiro. Propor alternativas e vislumbrar possíveis cenários futuros através das políticas públicas é condição para garantir desenvolvimento aliado à preservação ambiental e dignidade humana.

### Matriz Legal: Previsão Constitucional e Aspectos Institucionais do Atual Sistema Elétrico Brasileiro

A Constituição da República Federativa Brasileira de 1988 determina em seu art. 20 que os potenciais de energia hidráulica são bens da União:

Art. 20. São bens da União:

[...] VIII - os potenciais de energia hidráulica; [...] § 1º É assegurada, nos termos da lei, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, bem como a órgãos da administração

direta da União, participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por essa exploração (BRASIL, 1988).

Ainda na Carta Magna é estabelecido que cabe à União explorar os serviços de energia elétrica, diretamente ou por meio de concessão, permissão ou autorização, conforme disposto no artigo 21:

Art. 21. Compete à União:

[...] XII - explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão: [...] b) os serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos cursos de água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidroenergéticos (BRASIL, 1988).

Já o artigo 22 expõe que compete exclusivamente à União legislar sobre energia:

Art. 22. Compete privativamente à União legislar sobre:

[...] IV - águas, energia, informática, telecomunicações e radiodifusão (BRASIL, 1988).

O artigo 175 da Lei Maior, por sua vez, estabelece as regras básicas acerca da prestação dos serviços públicos, prevendo que a Lei estabelecerá a forma como o Poder Público, diretamente ou por delegação, os prestará:

Art. 175. Incumbe ao poder público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos.

Parágrafo único. A lei disporá sobre:

I - o regime das empresas concessionárias e permissionárias de serviços públicos, o caráter especial de seu contrato e de sua prorrogação, bem como as condições de caducidade, fiscalização e rescisão da concessão ou permissão (BRASIL, 1988).

Percebe-se, portanto, que a Constituição Federal Brasileira de 1988 estabeleceu que cabe à União

explorar os serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos cursos de água, diretamente ou por meio de concessão, permissão ou autorização, e que compete exclusivamente à União legislar sobre energia. A Constituição preceitua ainda a realização de licitação para a concessão ou permissão de serviços públicos e permite que a lei disponha sobre a prorrogação dos respectivos contratos.

O setor elétrico brasileiro se caracteriza como monopólio natural. Entre 2003 e 2004 o governo federal lançou as bases de um novo modelo para o Setor Elétrico Brasileiro (SEB), sustentado pelas Leis nº 10.847 e 10.848, de 15 de março de 2004, e pelo Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004.

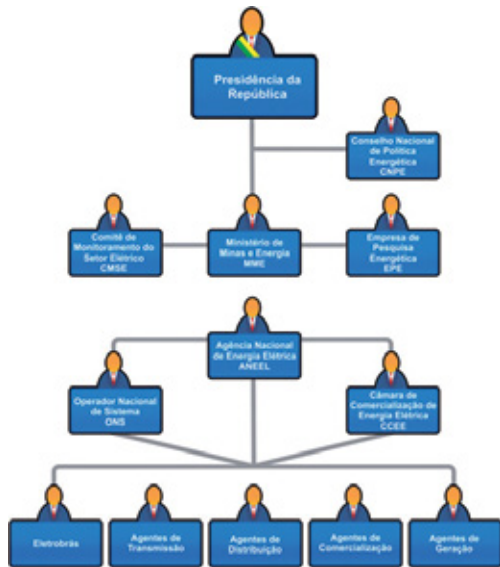
É imperioso conhecer a forma como se estrutura e como funciona o setor elétrico brasileiro. Na Administração Pública brasileira, o Ministério de Minas e Energia é a instituição responsável por formular os princípios básicos e definir as diretrizes da política energética nacional. Como subsídio, o MME promove, por meio de seus órgãos e empresas vinculadas, diversos estudos e análises orientadas para o planejamento do setor energético.

Em termos institucionais, o novo modelo do Sistema Elétrico Brasileiro definiu a criação de uma entidade responsável pelo planejamento do setor elétrico a longo prazo, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE); uma instituição com a função de avaliar permanentemente a segurança do suprimento de energia elétrica, o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE); e uma instituição para dar continuidade às atividades do Mercado Atacadista de Energia (MAE), relativas à comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

Outras alterações importantes incluem a definição do exercício do Poder Concedente ao Ministério de Minas e Energia (MME) e a ampliação da autonomia do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Em relação à comercialização de energia, foram instituídos dois ambientes para celebrar contratos de compra e venda: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR), do qual participam agentes de geração e de distribuição de energia; e o Ambiente de Contratação Livre (ACL), do qual par-

**Figura 1** Organograma do Sistema Elétrico Brasileiro



Fonte Abradee (2015)

participam agentes de geração, comercializadores, importadores e exportadores de energia e consumidores livres (MME, 2015).

O novo modelo do setor elétrico visa atingir três objetivos principais:

- Garantir a segurança do suprimento de energia elétrica;
- Promover a modicidade tarifária;
- Promover a inserção social no Setor Elétrico Brasileiro, em particular pelos programas de universalização de atendimento.

O modelo prevê um conjunto de medidas a serem observadas pelos agentes, como a exigência de contratação de totalidade da demanda por parte das distribuidoras e dos consumidores livres, nova metodologia de cálculo do lastro para venda de geração, contratação de usinas hidrelétricas e termelétricas em proporções que assegurem melhor equilíbrio entre garantia e custo de suprimento, bem como o monitoramento permanente da continuidade e da segurança de suprimento, visando detectar desequilíbrios conjunturais entre oferta e demanda (MME, 2015).

Ainda de acordo com o Ministério de Minas e Energia (2015), a inserção social busca promover a universalização do acesso e do uso do serviço de energia elétrica, criando condições para que os benefícios da eletricidade sejam disponibilizados aos cidadãos que ainda não contam com esse serviço, e garantir subsídio para os consumidores de baixa renda, de tal forma que estes possam arcar com os custos de seu consumo de energia elétrica.

O organograma previsto na Figura 1 mostra a estruturação do Sistema Elétrico Brasileiro, desde o poder executivo federal, conforme previsto pela Constituição Federal Brasileira de 1988.

De acordo com a ONS (2015), é possível visualizar as atribuições e respectivas competências definidas para cada órgão vinculado ao Sistema Elétrico Brasileiro, bem como sua natureza jurídica, nos termos que se afiguram abaixo:

#### **Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)**

Órgão de assessoramento do Presidente da República para formulação de políticas nacionais e diretrizes de energia, visando, dentre outros, o aproveitamento natural dos recursos energéticos do país, rever periodicamente a matriz energética e estabelecer diretrizes para programas específicos. É órgão multi-ministerial presidido pelo Ministro de Minas e Energia.

#### **Ministério de Minas e Energia (MME)**

Encarregado de formulação, do planejamento e implementação de ações do Governo Federal no âmbito da política energética nacional.

#### **Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE)**

O CMSE foi criado pela Lei nº 10.848 de 15/03/2004, regulamentado pelo Decreto nº 5.175 de 09/08/2004 e é coordenado diretamente pelo Ministro de Minas e Energia (MME). Sua função principal é monitorar e avaliar permanentemente as condições de segurança e continuidade do suprimento de energia no país.

É composto por:

- Ministro de Minas e Energia, coordenador do Comitê;
- Quatro representantes do MME e os CEOs das instituições seguintes: Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel);

Agência Nacional de Petróleo e Gás (ANP); Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE); Empresa de Pesquisa Energética (EPE); Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

### Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE)

Pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, sob regulação e fiscalização da ANEEL, com finalidade de viabilizar a comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN). Administra os contratos de compra e venda de energia elétrica, sua contabilização e liquidação.

### Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)

Pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, sob regulação e fiscalização da ANEEL, tem por objetivo executar as atividades de coordenação e controle da operação de geração e transmissão, no âmbito do SIN.

### Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)

Autarquia sobre regime especial, vinculada ao MME, com finalidade de regular a fiscalização a

produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do Governo Federal.

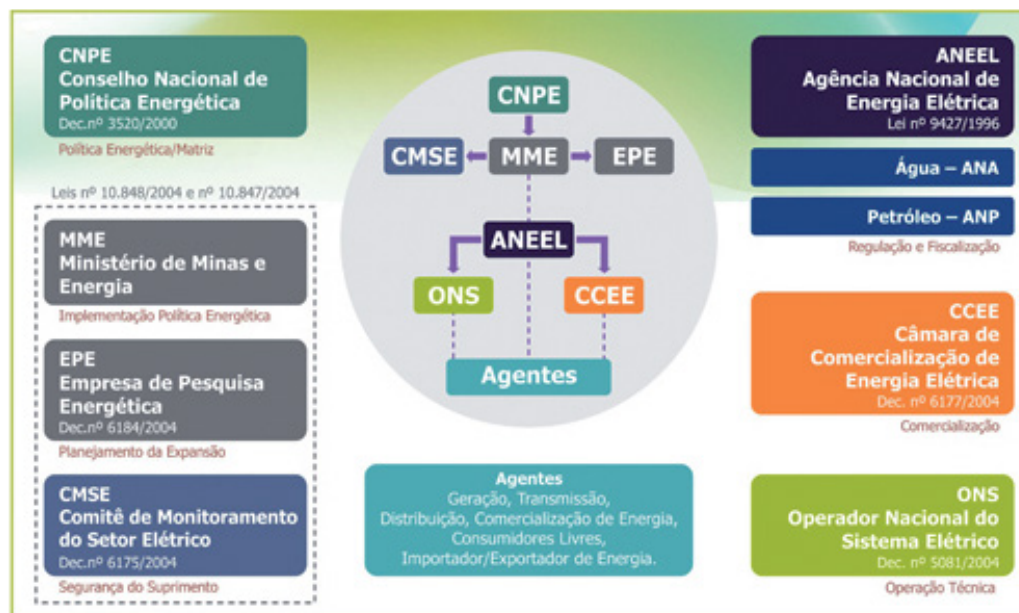
### Empresa de Pesquisa Energética (EPE)

Tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Os Agentes Setoriais, por sua vez, também possuem funções distintas nesse cenário.

- Agentes Geradores: São autorizados ou concessionários de geração de energia elétrica, que operam plantas de geração e prestam serviços ancilares.
- Agentes de Transmissão: Agentes detentores de concessão para transmissão de energia elétrica, com instalações na rede básica.
- Agentes de Distribuição: Operam um sistema de distribuição na sua área de

Figura 2 Órgãos do Sistema Elétrico Brasileiro



concessão, participando do Sistema Interligado e sendo usuários da Rede Básica. Contratam serviços de transmissão de energia e serviços ancilares do Operador Nacional do Sistema Elétrico.

- Consumidores Livres: Consumidores que têm a opção de escolher seu fornecedor de energia elétrica, conforme definido em resolução da ANEEL.
- Agentes Importadores: São agentes titulares de autorização para implantação de sistemas de transmissão associados à importação de energia elétrica.
- Agentes Exportadores: São agentes titulares de autorização para implantação de sistemas de transmissão associados à exportação de energia elétrica.
- Agente Comercializador da Energia de Itaipu: Itaipu é uma entidade binacional, pertencente ao Brasil e ao Paraguai. O relacionamento entre os dois países segue tratados internacionais específicos. A energia de Itaipu recebida pelo Brasil representa cerca de 30% do mercado de energia da região sul/sudeste/centro-oeste. A comercialização dessa energia no Brasil é coordenada pela Eletrobrás.

A Figura 2 mostra a relação entre os diversos órgãos responsáveis pelo controle, geração, transmissão e distribuição de energia elétrica no país.

### Legislação Infraconstitucional

De acordo com Machado (2013), o direito à energia solar integra o direito de propriedade. Conforme preceituado na Constituição Federal de 1988 em seu art. 5º é garantido o direito de propriedade (art. 5º, XII, da CF/1988). Esse inciso reitera o que o caput do art. 5º determina, ao garantir aos brasileiros e estrangeiros residentes no país a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade. A captação da energia solar em uma propriedade representa uma das facetas da utilização econômica do direito de propriedade.

Ainda de acordo com o jurista (MACHADO, 2013), o direito à energia solar integra o direito à sadia

qualidade de vida. "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida (...)" (art. 225, caput, da CF/1988). A captação da energia solar e a recepção da iluminação em um determinado imóvel fazem parte da qualidade de vida. Atividades e empreendimentos que reduzirem a captação da energia solar e a iluminação causam degradação da qualidade ambiental. Esta degradação é definida como a "alteração adversa das características do meio ambiente" (art. 3º, II da Lei da Política Nacional do Meio Ambiente – Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981).

A energia solar tem valor econômico e sua natureza jurídica enquadra-se na categoria de bem móvel, segundo o Código Civil Brasileiro, conforme art.83, I. Consideram-se móveis para os efeitos legais as energias que tenham valor econômico.

Sabe-se que para um planejamento eficiente de novos empreendimentos, é necessário um projeto abrangente de geração, distribuição e consumo de energia em múltiplas escalas espaciais e por meio de múltiplos sistemas (ADDINGTON, 2014), sendo que o metabolismo urbano inclui o indicador de autossuficiência energética em residências (RUEDA, 2014)

Percebe-se que houve alguns avanços significativos do ponto de vista regulatório e da legislação voltada para as questões energéticas urbanas brasileiras, sendo possível observar que o papel desempenhado pelas energias renováveis aumentou, principalmente nos setores econômicos e nas regiões geográficas nas quais elas são mais competitivas e viáveis (HINRICH, 2003).

Muitos são os atos normativos que regulamentam a complexa questão energética brasileira, sendo que para fins do presente estudo elencou-se algumas normas em virtude de pertinência com a questão urbana, bem como pela sua recente vigência no ordenamento jurídico atual.

#### Lei Federal nº 10.295, de 17 de outubro de 2001

No Brasil, a Lei de Eficiência Energética (Lei nº 10.295/2001), dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e visa à alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente (art. 1º). Essa Lei já

traz embutida uma preocupação com a preservação de recursos naturais e com a promoção da integração entre as temáticas energéticas, o que em termos legais não era ainda claramente expresso.

A Lei de Eficiência Energética delega ao poder executivo a prerrogativa de estabelecer níveis máximos de consumo específico de energia de equipamentos fabricados ou comercializados no Brasil, conforme previsto em seu artigo 2º:

Art. 2º O Poder Executivo estabelecerá níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, com base em indicadores técnicos pertinentes (BRASIL, 1988).

A regulamentação da Lei de Eficiência Energética foi realizada através do Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Tal dispositivo de regulamentação, entre outros comandos, instituiu o Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética – CGIEE, que possui entre suas atribuições, a elaboração das regulamentações específicas para cada tipo de aparelho consumidor de energia e o estabelecimento do Programa de Metas com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados por cada equipamento regulamentado.

Importa ressaltar que tanto a Lei nº 10.295/2001 quanto o Decreto nº 4.059/2001 estabelecem a obrigatoriedade de realização das audiências públicas para aprovação das regulamentações específicas, com a divulgação antecipada das propostas e ouvidas entidades representativas de fabricantes e importadores de máquinas e aparelhos consumidores de energia, projetistas e construtores de edificações, consumidores, instituições de ensino e pesquisa e demais entidades interessadas.

Estudos recentes indicam a possibilidade de percalços no caminho do atendimento pleno da demanda de energia no país, ao longo dos próximos anos a custos aceitáveis, caso a demanda de energia continue a se comportar repetindo suas taxas históricas de crescimento. É este cenário preocupante que conduz à necessidade de se devotar atenção crescente à integração e à racionalização energéticas no Brasil. Nesse sentido, a Lei

de Eficiência Energética e a economia de energia parecem ter um importante papel a cumprir.

### **Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012**

Quando da entrada em vigor da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, criando o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, os consumidores brasileiros ganharam o direito de gerarem sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis, instalando pequenos geradores (tais como painéis solares fotovoltaicos, microturbinas eólicas, entre outros) em sua unidade consumidora podendo também vender para as distribuidoras o excedente gerado pelo consumidor, obtendo, assim, créditos para futuras cobranças ou até mesmo abater na cobrança de energia de outro imóvel de mesmo proprietário.

De acordo com as regras que serão válidas a partir de março de 2016, o uso de qualquer fonte renovável será permitido, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e minigerção distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW (sendo 3 MW para a fonte hídrica), conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes. De acordo com as novas regras, o prazo de validade dos créditos passou de 36 para 60 meses, sendo que eles podem também ser usados para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que na área de atendimento de uma mesma distribuidora. Esse tipo de utilização dos créditos foi denominado “autoconsumo remoto”.

Outra inovação da norma diz respeito à possibilidade de instalação de geração distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras). Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores.

A ANEEL criou ainda a figura da “geração compartilhada”, possibilitando que diversos interessados se unam em um consórcio ou em uma cooperativa, instalem uma micro ou minigeração distribuída e utilizem a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados.

Segundo a ANEEL (2015), desde a publicação da Resolução em 2012 até outubro deste ano, já foram instaladas 1.285 centrais geradoras, sendo 1.233 (96%) com a fonte solar fotovoltaica, 31 eólicas, 13 híbridas (solar/eólica), 6 movidas a biogás, 1 a biomassa e 1 hidráulica (DV/DB).

#### **Portaria ANEEL nº 538, de 15 de dezembro de 2015**

Esta norma lançou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), para ampliar e aprofundar as ações de estímulo à geração de energia pelos próprios consumidores, com base nas fontes renováveis de energia (em especial a solar fotovoltaica). De acordo com o artigo 1º:

Art. 1º Criar o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica - ProGD, com os seguintes objetivos:

I - promover a ampliação da geração distribuída de energia elétrica, com base em fontes renováveis e cogeração;

II - incentivar a implantação de geração distribuída em: A) edificações públicas, tais como escolas, universidades e hospitais; e B) edificações comerciais, industriais e residenciais (BRASIL, 2015)

Essa norma também alterou diversos pontos da Resolução nº 482/2012, atualizando e modernizando diversos dispositivos visando a implantação do referido programa. O ProGD tem investimento potencial estimado em R\$ 100 bilhões até 2030, com adesão prevista de 2,7 milhões de unidades consumidoras, entre residências, comércio, indústria e setor agrícola, com potência instalada de 23,5 mil MW (ANEEL, 2015).

O programa de geração distribuída do governo prevê ações de estímulo à geração de energia de fontes renováveis e está inserido nas metas de redução das emissões de gases de efeito estufa assumidas pelo Brasil na ONU. As metas brasileiras

preveem reduções 37% menores até 2025 e 43% inferiores aos níveis de 2005 até o ano de 2030. A fonte hídrica vai representar 66% da matriz elétrica, enquanto as demais renováveis, entre elas solar fotovoltaica e eólica, chegarão a 23% de participação (ABRAPCH, 2015).

Segundo o MME (2015) algumas ações realizadas em 2015 serão aprofundadas pelo ProGD no processo de criação de políticas e ações de fomento à expansão da Geração Distribuída, tais como a criação dos créditos de energia entre consumidor-gerador e distribuidora. A atualização da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, torna mais atrativo aos consumidores a instalação de painéis solares fotovoltaicos e microturbinas eólicas para gerar sua própria energia. Segundo as novas regras da resolução, que possui vigência a partir de 1º de março de 2016, quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes.

**Prazo:** Pela nova regra, quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor terá um prazo maior para utilizar os créditos – 60 meses, em vez dos 36 meses vigentes anteriormente.

**Autoconsumo remoto:** O consumidor poderá usar os créditos para abater a fatura de outros imóveis cuja fatura esteja sob sua titularidade, mesmo em outros locais, desde que estejam na área de atendimento da mesma distribuidora. Esse tipo de utilização dos créditos foi denominado “autoconsumo remoto”.

**Condomínios:** Outra inovação da norma diz respeito à possibilidade de instalação de geração distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras). Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores.

**Consórcios:** A nova resolução criará ainda a figura da “geração compartilhada”, possibilitando que diversos interessados se unam em um consórcio ou em uma cooperativa, instalem sistemas de geração distribuída e utilizem a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados, como se fossem um único consumidor.

**Isenção de ICMS:** Um dos principais pilares para a expansão da energia distribuída é a isenção da cobrança de ICMS sobre a energia inserida pelo consumidor na rede da distribuidora. O consumidor será tributado com o ICMS apenas sobre o saldo da energia que ele receber da distribuidora e não conseguir compensar.

**Isenção de PIS/Cofins:** Além de não pagar ICMS, também ficará isenta do PIS/Pasep e da Cofins a energia injetada pelo consumidor na rede elétrica e não compensada.

**Redução do Imposto de Importação:** Até 31 de dezembro de 2016, está reduzida de 14% para 2% a alíquota do Imposto de Importação incidente sobre bens de capital destinados à produção de equipamentos de geração solar fotovoltaica (Resolução CAMEX no 64, de 22 de julho de 2015, para ex-tarifários classificados no código 8428.20.90). Provisoriamente, até 31 de dezembro de 2015, foi reduzida de 14% para 2% o tributo incidente sobre importação de módulos fotovoltaicos (Resolução nº 29, de 29/04/2015).

**Apoio do BNDES:** O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) foi autorizado pela Lei nº 13.203, de 8 de dezembro de 2015, a apoiar com recursos a taxas diferenciadas projetos de eficiência energética e de geração distribuída por fontes renováveis em escolas e hospitais públicos.

Também houve pela norma uma preocupação em desburocratizar o processo para o consumidor, simplificando e padronizando os formulários que deverão ser preenchidos pelos interessados. Além disso, até o início de 2017, as distribuidoras de energia serão obrigadas a instalar sistemas eletrônicos que permitam ao consumidor o envio da solicitação de acesso ao sistema de distribuição.

Na geração distribuída predominam as fontes limpas e renováveis modernas, como a solar fotovoltaica e a eólica, que contribuem para a redução da emissão dos gases de efeito estufa. A expansão da geração distribuída também permite que novos investimentos na geração centralizada (como a construção de usinas e parques eólicos, e linhas de transmissão) possam ser redimensionados e realocados no tempo. Gerar energia distribuída

a partir de fontes renováveis na matriz elétrica nacional significa deixar de usar fontes mais poluentes, como térmicas e combustíveis fósseis.

O Brasil tem sol e ventos abundantes, o que proporciona um significativo potencial para a expansão da geração distribuída, forma que os consumidores podem gerar sua energia, compensar o que recebem das distribuidoras, barateando seus custos. Atualmente, com cerca de R\$ 27 mil é possível ter um sistema de geração solar instalado em uma residência média. A expectativa é que as ações de estímulo à Geração Distribuída faça cair pela metade o custo de instalação dos sistemas em 2030, o que permitirá que o investimento retorne totalmente ao consumidor em até 10 anos (ANEEL, 2015).

Incentivar a geração distribuída pode ajudar a gerar empregos e renda em todo o país, com a estruturação de novas cadeias produtivas industriais e mesmo de novos serviços para atender à demanda por equipamentos tais como instalação e manutenção nestes geradores solares e eólicos. Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2015), a cada 1 MW de energia solar fotovoltaica instalada (centralizada e distribuída), são viabilizados entre 25 e 30 empregos diretos, e a expansão da Geração Distribuída poderá contribuir para dinamizar a economia.

### Outras iniciativas legislativas

Atualmente tramita no Congresso Federal o Projeto de Lei 4550/2008 que propõe a regulamentação do comércio da energia gerada em centrais eólicas; pequenas centrais hidrelétricas; centrais termoeletricas movidas a biomassa agrícola e resíduos da indústria madeireira; termelétricas que utilizem gases provenientes do tratamento sanitário ou de esgotos.

A Comissão Especial de Energias Renováveis da Câmara dos Deputados está analisando uma série de projetos de lei relativos ao tema, que podem ser incorporados ao texto final da lei de renováveis e que contêm aspectos relevantes para a criação de um setor renovável forte e estável.

O PL 1563/2007, de autoria do deputado Paulo Teixeira (PT), por exemplo, prevê mecanismos



para estimular a universalização do fornecimento de energia elétrica, com a criação do Programa de Fontes Alternativas para Sistemas Isolados (Fais). A proposta é atender comunidades isoladas, não beneficiadas pela rede da concessionária da região. O Fais deverá ser custeado com recursos da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), encargo já existente, criado para promover a eficiência energética, fontes renováveis, entre outros objetivos.

O texto do deputado Paulo Teixeira também determina a criação do Programa de geração Distribuída (PGD), que tem como objetivo estimular a pequena geração local de energia elétrica para fontes renováveis até 1.000 kW, conectadas ou não à rede elétrica do Sistema Interligado Nacional. Com isso, painéis fotovoltaicos ou aerogeradores de pequeno porte que atendam uma comunidade ou mesmo uma residência, poderão ser conectados à rede elétrica e o excedente da energia produzida poderá ser vendido. O PGD prevê ainda que a energia renovável excedente será obrigatoriamente adquirida e comercializada pela concessionária local, a partir de um valor fixo, atrelado à tarifa média nacional.

Outro projeto de lei importante é proposto pelo senador Wilder Moraes. O PL nº 224, de 2015 propõe alterar a Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009 (que dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas), para obrigar a instalação, no âmbito PMCMV, sem ônus para os beneficiários, de equipamentos destinados à geração de energia elétrica própria com base em fonte solar fotovoltaica para injeção na rede elétrica das concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica.

Na justificativa apresentada no referido projeto de lei, é argumentado que apesar de já haver, no Brasil, incentivos destinados à fonte solar fotovoltaica, os obstáculos para a disseminação dessa opção limpa de geração de energia elétrica ainda persistem. O custo e o investimento inicial são elevados. Esse problema é ainda mais grave junto aos cidadãos de menor poder aquisitivo.

A proposta contribuiria, portanto, para a disseminação da fonte solar fotovoltaica no Brasil,

gerando menos poluição e mais emprego, e aumentando a renda real da população de menor poder aquisitivo, que terá redução nas faturas de energia elétrica.

## Considerações finais

É perceptível que o distanciamento político-administrativo dos entes federativos, em especial entre os municípios (que atuam em questões de interesse local) e a União (competente para legislar e administrar as questões que envolvam energia elétrica) em muito influencia a ausência de certos esforços para alternativas energéticas nas políticas públicas brasileiras.

A recente Portaria ANEEL nº 538, de 15 de dezembro de 2015 demonstra um certo avanço em termos de políticas públicas de fomento à utilização de energias alternativas no Brasil, e em especial no que tange à energia solar. Entretanto, será fundamental avaliar algumas questões que podem comprometer o avanço de sua efetividade e eficácia, como o custo ainda elevado de tal tecnologia para ser arcado exclusivamente pelos consumidores.

Percebe-se que continua necessário realizar um planejamento energético eficiente e responsável de longo prazo, assim como é perceptível que diversos assuntos relacionados à temática ainda carecem de regulamentação legal, sendo que a omissão legislativa da matéria demonstra certa despreocupação em um tema extremamente relevante e atual e da qual depende o próprio modelo de desenvolvimento brasileiro. Temas como energia decorrente de mares e lagoas, energia eólica, utilização de resíduos domésticos e industriais como fonte de matriz energética e biocombustíveis ainda demandam afincos do legislador na elaboração de atos normativos, diretrizes e políticas públicas que promovam e induzam à sustentabilidade nas cidades.

Repensar as formas que se entrelaçam a energia humana, energia solar e formas comerciais de energia visando constituir uma urbanidade melhor, mais interessante e mais justa, é o ideal que se pretende atingir. Nesse contexto, cabe à sociedade, setor público, iniciativa privada e academia desenvolver os meios para propor alternativas para as interações energéticas com o urbano, promovendo futuros mais equânimes.

## Referências

ADDINGTON, D. M. Subestruturas, supraestruturas e infraestruturas energéticas. In: MOSTAFAVI, M.; DOHERTY, G. (Org.). **Urbanismo Ecológico**. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FOMENTO ÀS PEQUENAS CENTRAIS HIDROELÉTRICAS**. Disponível em: <<http://abrapch.com.br/>>. Acesso em: 19 dez. 2015.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**. Disponível em: <<http://www.ab-solar.org.br/>>. Acesso em: 19 dez. 2015.

**AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 12 set. 2015.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA**. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/>>. Acesso em: 25 set. 2015.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm)>. Acesso em: 10 out. 2015.

----- **Decreto 4.059, de 19 de dezembro de 2001**. Regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Brasília, 2001. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2001/D4059.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D4059.htm)>. Acesso em: 13 out. 2015.

----- **Decreto 5.163, de 30 de julho de 2004**. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.htm)>. Acesso em: 15 out. 2015.

----- **Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)> Acesso em: 25 out. 2015.

----- **Lei 10.295, de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e

Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Brasília, 2001. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10295.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm)>. Acesso em: 13 out. 2015.

----- **Lei 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Brasília, 2002. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/L10406compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406compilada.htm)>. Brasília, 2002. Acesso em: 10 out. 2015.

----- **Lei 10.847, de 15 de março de 2004**. Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências. Brasília, 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/l10.847.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.847.htm)>. Acesso em: 15 out. 2015.

----- **Lei 10.848, de 15 de março de 2004**. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. Brasília, 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/l10.848.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.848.htm)>. Acesso em: 15 out. 2015.

----- **Portaria ANEEL 538, de 15 de dezembro de 2015**. Criar o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica – ProGD. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=96&data=16/12/2015>>. Acesso em: 16 dez. 2015.

----- **Resolução Normativa ANEEL 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigerção distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. [S.l.], 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2015.

----- **Resolução Normativa ANEEL 556, de 18 de junho de 2013**. Aprova os procedimentos do Programa de Eficiência Energética - PROPEE. [S.l.], 2013. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2013556.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

FRUG, G. E. Como administrar a cidade ecológica.

In: MOSTAFAVI, M.; DOHERTY, G. (Org.). **Urbanismo Ecológico**. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

HINRICH, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e Meio Ambiente**. Tradução da 3ª ed. norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

MACHADO, P. A. L. M. **Direito Ambiental Brasileiro**. 21. ed. São Paulo: Malheiros, 2013.

MARTINS, V. A. **Análise do potencial de políticas públicas na viabilidade de geração distribuída no Brasil**. 2015. 110f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Programa de Pós Graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 12 set. 2015.

REIS, L. B. **Energia elétrica e sustentabilidade**: aspectos tecnológicos, socioambientais e legais. Barueri, SP: Manole, 2006.

**OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA**. Disponível em: <<http://www.ons.gov.br>>. Acesso em: 12 set. 2015.

RUEDA, S. Uma visão holística do fenômeno urbano. In: MOSTAFAVI, M.; DOHERTY, G. (Org.). **Urbanismo Ecológico**. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

SILVEIRA, A. L.; FORTUNATO, E. M.; BUZZATTI, M. G.; ALVES, R. L.; AVILA, S. L. Desenvolvimento tecnológico em geração distribuída: gerenciamento e monitoração de uma microgeração solar. **E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**. Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 47-68, 2015.

SUZUKI, E. V.; REZENDE, F. D. **Estudo da utilização da geração fotovoltaica para auxiliar a suprir a demanda crescente de energia elétrica no Brasil**. 2013. 63f. Monografia (Especialização em Eficiência Energética) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

PARTE 1 | QUESTÕES URBANAS

# Métodos para el análisis de patrones de movilidad no motorizada

---

UNIVERSIDAD DE CUENCA – ECUADOR

Daniel Orellana



## Introducción

La movilidad es uno de los problemas más complejos a los que se enfrentan las ciudades intermedias de Latinoamérica. Factores como la extrema dispersión urbana, la baja calidad del transporte público, el precio del uso del suelo, la percepción de inseguridad, entre otros, han provocado un explosivo aumento del uso del auto privado como principal medio de transporte, aumentando el tráfico en la ciudad, profundizando la contaminación ambiental y los problemas de salud, afectando la calidad del espacio urbano, y en último término deteriorando la calidad de vida de los ciudadanos (CLÉMENT, 1995; VALIANT; ROUGHGARDEN, 2010). Este escenario exige repensar el modelo de movilidad de las ciudades antes de alcanzar un punto de no retorno. No existe receta única que permita resolver el tema de la congestión, y sobre todo lo que la provoca: la dependencia en el automóvil (DUPUY, 2011; FIGUEROA, 2005). No obstante, se ha demostrado repetidamente que una de las herramientas para reducir esta dependencia, es la de implementar y fomentar el uso de transporte público y la movilidad no motorizada. Sin embargo, en los modelos actuales basados en el transporte en auto privado, los ciclistas y peatones son considerados como actores secundarios de la movilidad. En diversas investigaciones se ha identificado que uno de los factores limitantes para la densificación urbana sostenible es precisamente la falta de acceso a redes de transporte alternativo al auto privado.

Varias ciudades intermedias de la región, entre ellas Cuenca (Ecuador), se encuentran actualmente generando planes integrales de movilidad donde por primera vez se considera la movilidad peatonal y en bicicleta como un componente clave. Sin embargo, no existe un conocimiento lo suficientemente profundo sobre el comportamiento espacial de los usuarios de movilidad no motorizada y su relación con el espacio público. Efectivamente, se requiere mucha más investigación sobre la movilidad urbana en la región (KEELING, 2013). Dicho conocimiento es de vital importancia para la administración pública, en especial para los procesos de construcción de políticas de movilidad sostenible, la toma de decisiones sobre inversión, la planificación del espacio público y las estrategias de promoción de la movilidad no motorizada.

Uno de los retos para construir conocimiento sobre la movilidad de las personas es la obtención de información sobre su comportamiento espacial. Las técnicas tradicionales consistentes en matrices de Origen-Destino y encuestas de uso no incluyen información sobre el recorrido detallado, los tiempos de traslado, los patrones espaciales y temporales. Los avances tecnológicos, tales como la popularización de los dispositivos móviles, la integración de tecnología de geo-posicionamiento, o los sistemas de video-vigilancia representan un inmenso potencial de datos para estudios sobre movilidad; sin embargo, su calidad, disponibilidad y requerimientos de pre-procesamiento, y aplicabilidad en ciudades intermedias de la región no han sido aún estudiadas. Además, se requieren nuevas técnicas de recolección de datos primarios que sean rápidos, con un alto ratio de costo-efectividad, detallados y replicables, de manera que los gestores de movilidad puedan diseñar e implementar estudios longitudinales y sistemas de monitoreo. Finalmente, el análisis de datos de movilidad requiere de nuevos enfoques metodológicos que permitan explorar, extraer e interpretar patrones de comportamiento espacial de las personas y relacionarlos con sus características sociodemográficas. Recientes estudios muestran que este conocimiento resulta crucial para la toma de decisiones sobre políticas y gestión de la movilidad sostenible y para la planificación y construcción de espacios urbanos sostenibles. Este reto solo puede ser abordado desde una perspectiva multidisciplinar que integre la geografía, el urbanismo y la arquitectura, la psicología social y las ciencias de la computación, lo que implica de por sí un enfoque innovador.

Para asumir el reto de aportar a la comprensión del comportamiento espacial en la movilidad no motorizada como un sistema complejo, un enfoque multidisciplinar resulta imprescindible. Es así que hemos propuesto la construcción de un marco analítico que permita incorporar bases teóricas y metodológicas provenientes de diversas disciplinas y áreas científicas para el análisis de los patrones de movimiento de las personas. Aunque en este trabajo nos centraremos en peatones y ciclistas, en muchos casos puede ser extrapolable a otros tipos de movilidad. El desarrollo de dicho marco está conducido por tres ejes de investi-

gación: A) *Eje Metodológico* enfocado en el diseño de un conjunto de metodologías, herramientas y plataformas tecnológicas para la recolección, análisis y visualización de datos de movilidad no motorizada; B) *Eje Conductual*: enfocado en el estudio del comportamiento espacial de los patrones de movilidad de las personas y su relación con el entorno urbano; y C) *Eje Perceptual*: que se centra en el estudio de las percepciones que las personas tienen sobre el entorno y sobre sí mismos en relación a su forma de movilidad.

El marco propuesto se basa en la premisa de que los patrones de movimiento humano son evidencia de las interacciones espaciales entre tres tipos de "agentes": el *individuo*, el *colectivo* y el *entorno* (ORELLANA; RENSO, 2010). Esta premisa tiene algunas implicaciones importantes: Por un lado, reconoce una diferencia fundamental entre el movimiento individual y el colectivo siendo el segundo una propiedad emergente del primero. Por otro lado, el entorno es considerado un agente, es decir una parte activa del sistema en lugar de un mero telón de fondo en el cual sucede el movimiento. Finalmente, la implicación más importante es que al estudiar los patrones de movimiento humano podemos mejorar nuestro conocimiento sobre la forma en la que las personas se relacionan con su entorno. Al ser un sistema de interacciones, el movimiento es considerado un sistema dinámico adaptativo, donde los agentes transforman y son transformados por las decisiones de otros agentes, y el resultado presenta "propiedades emergentes" que raramente son predecibles si se mira cada agente por separado. En este documento, profundizaremos en el Eje Metodológico.

## Desarrollo

La necesidad de entender la movilidad humana en la ciudad ha atraído gran interés de los investigadores de varias áreas. Desde el trabajo seminal de Hagerstrand quien desafió en 1970 la hipótesis de que las personas son individuos autónomos que toman decisiones espaciales según su libre albedrío y que en cambio estas decisiones están limitadas por una serie de restricciones espaciales y temporales (HÄGERSTRAND, 1970), la investigación sobre la relación entre el espacio urbano y el movimiento ha mostrado un creciente interés que se ha fortalecido en la última década. Por un

lado, se han realizado varias investigaciones sobre el comportamiento espacial de las personas y su relación con el entorno natural y construido; entre el comportamiento recreacional, la naturaleza y el espacio público (VAN MARWIJK, 2009), la aparición de relaciones emergentes entre el comportamiento espacial y el diseño de parques urbanos (GOLIČNIK; WARD THOMPSON, 2010), mientras que otra línea de investigación busca las posibles aplicaciones del conocimiento sobre el comportamiento espacial para la planificación de infraestructuras (LARSEN; PATTERSON; EL-GENEIDY, 2013), la planificación de transporte (DAA-MEN, 2004), la gestión de emergencias (HELBING, JOHANSSON; LÄMMER, 2008; WOLFSON, 2002), la gestión de áreas naturales recreativas (ORELLANA; BREGT; LIGTENBERG; WACHOWICZ, 2012), la movilidad no motorizada (MILAKIS; ATHANASOPOULOS, 2014) y el estudio de la eficiencia de conductores de taxis urbanos (LIU; ANDRIS; BIDERMAN; RATTI, 2010). En (SAELEN; SALLIS; FRANK, 2003) se explora la relación entre variables ambientales y sociodemográficas y se concluye que las características de los barrios son relevantes para diferentes tipos de movilidad, además mencionan que la evidencia sugiere que los habitantes de barrios con mayor densidad, conectividad y mixticidad de usos tienden a utilizar más la movilidad en bicicleta o peatonal. Uno de los aportes seminales sobre la relación entre movimiento y la configuración espacial es la propuesta teórica y metodológica de Sintaxis Espacial propuesta por investigadores del University College of London, donde se propone que existe una correlación específica entre el comportamiento espacial y algunos aspectos de la configuración topológica y visual del espacio (GREENE; MORA; KRISTEN; WURMAN, 2007; B HILLIER; PENN; HANSON; GRAJEWSKI; XU, 1993; BILL HILLIER, 2007), y las características de la red vial (AXHAUSEN, 2007). Es interesante notar que la mayoría de estas investigaciones se han realizado principalmente en ciudades de Europa y Estados Unidos, y en menor grado en ciudades asiáticas, mientras que aún desconocemos su aplicación y extrapolación a ciudades latinoamericanas.

Otra línea de investigación que ha mostrado un rampante aumento de interés es el estudio de las nuevas fuentes de datos para el análisis de movili-

dad. Algunos autores se han centrado en estudiar la potencialidad de los dispositivos móviles, tales como GPS, bluetooth, smartphones, tablets y prendas de vestir inteligentes (ASHBROOK; STARNER, 2003; GIPS, 2006; LEE-GOSSELIN; DOHERTY; SHALABY, 2010), otros han explorado la utilización de bases de datos masivas de redes de comunicación celular (GONZALEZ; HIDALGO; BARABASI, 2008), redes sociales (AZMANDIAN; SINGH; GELSEY; CHANG; MAHESWARAN, 2013; WANG ; TAYLOR, 2014), y repositorios de fotografía (JANKOWSKI; ANDRIENKO; ANDRIENKO; KISILEVICH, 2010). Aunque existe un gran potencial en dichas fuentes de datos, aún no existen protocolos metodológicos para su análisis, por lo cual muchos autores han propuesto diferentes técnicas basadas en análisis espacial (ORELLANA; WACHOWICZ, 2011), minería de datos (BOGORNY; HEUSER; ALVARES, 2010; GIANNOTTI; NANNI; PINELLI; PEDRESCHI, 2007; VERHEIN; CHAWLA, 2008), análisis visual exploratorio (ANDRIENKO; ANDRIENKO, 2008; RINZIVILLO *et al.*, 2008), entre otros. Pese a la diversidad de técnicas propuestas, aún no existe un acuerdo generalizado sobre la pertinencia de técnicas específicas para cada caso y aún existen problemas en la integración de diferentes fuentes y métodos (OLIVER; BADLAND; MAVOA; DUNCAN; DUNCAN, 2010). Más aun, todavía no existen protocolos generales que puedan ser aplicados en un amplio rango de situaciones con fines comparativos que hayan sido probados en ciudades intermedias de Latinoamérica. Por otro lado, la mayoría de estas propuestas han venido desde campos particulares de las ciencias de la computación y la geo-información, con poca interacción con otras disciplinas, lo cual ha causado importantes limitaciones en la interpretación y generalización de los resultados obtenidos a través de estas técnicas (ORELLANA; RENSO, 2010). Finalmente, otra línea de investigación relacionada con esta propuesta se ha enfocado en los efectos físicos, psicológicos y perceptuales de las diferentes modalidades de movilidad. Por ejemplo, en (SAELENIS *et al.*, 2003) se explora la relación entre variables ambientales y sociodemográficas y se concluye que las características de los barrios son relevantes para diferentes tipos de movilidad, además mencionan que la evidencia sugiere que los habitantes de barrios con mayor densidad, conectividad y mixticidad de

usos tienden a utilizar más la movilidad en bicicleta o peatonal.

La mayor parte de estudios realizados, se han centrado solamente en metodologías "tradicionales" de las ciencias sociales, tales como estudios de caso, entrevistas, encuestas, conteos, etc. Hoy en día, la sinergia entre las tecnologías de geo-posicionamiento y dispositivos móviles, ha abierto una nueva gama de potenciales fuentes de información. Se necesitan, por lo tanto, nuevos métodos y técnicas de análisis de esta información para producir conocimiento sobre la movilidad de las personas y su interacción con el entorno. La investigación sobre estos enfoques es una nueva línea de investigación que en todo el mundo está produciendo resultados prometedores. La necesidad de entender la movilidad no motorizada (activa) no cuenta con un marco analítico de investigación que permita obtener información y dar respuestas a las cuestiones fundamentales de los planificadores, como por ejemplo: ¿Dónde construir infraestructura para bicicletas? ¿Cuales son las características de las personas que utilizan este tipo de movilidad? ¿Cuales son las rutas más utilizadas por los ciclistas y peatones? ¿Cuales son las razones por las que escogen dichas rutas? ¿Cuales son las condiciones que harían a las personas cambiar su forma de movilidad?

En el marco analítico, el eje metodológico integra tres componentes I) Recolección de datos, II) Generación de información, y III) Integración de conocimiento. Estos componentes pueden ser representados en un espacio continuo donde aumenta el nivel de integración y el nivel de diferenciación en un flujo de complejidad creciente (Figura 1), siguiendo la propuesta de representación de Bellinger (2004). Este enfoque permite enfrentar la complejidad del fenómeno de la movilidad a través de un proceso iterativo de exploración – diferenciación – integración, donde en un primer momento se generan datos sobre movilidad, luego se exploran y construyen relaciones entre estos datos para producir información y finalmente se exploran y estudian los patrones emergentes en dicha información. De esta manera es posible gestionar el conocimiento sobre movilidad desde casos puntuales hacia niveles más generales y menos dependientes del contexto.

**Figura 1** Esquema conceptual de construcción de conocimiento



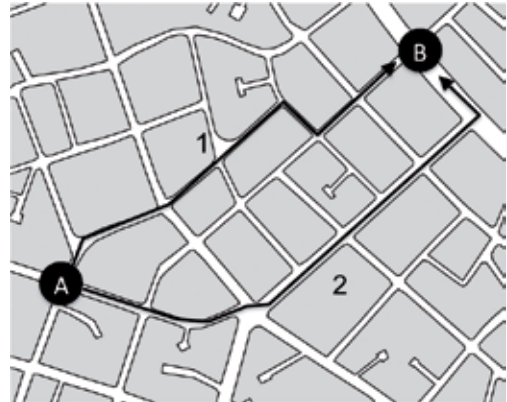
**Fuente** Adaptado de Bellinger, 2004

A continuación describimos un ejemplo de aplicación de este enfoque como parte del proyecto de investigación "Estudio de los Patrones de Movilidad de Ciclistas y Peatones – Pies y Pedales" del grupo de investigación LlactaLAB – Ciudades Sustentables de la Universidad de Cuenca.

La pregunta de investigación planteada es ¿Cuáles son las variables que afectan la decisión de ruteo de las personas que se movilizan en bicicleta en la Ciudad de Cuenca? Para responder esta pregunta se ha planteado una metodología que permite seguir el esquema propuesto de generación de conocimiento. La metodología incluye tres estudios que incluyen componentes observacionales, experimentales y participativos.

Un primer estudio observacional consiste en monitorear el movimiento de un grupo de voluntarios utilizando dispositivos GPS. Cada voluntario lleva consigo un dispositivo durante dos períodos de dos semanas cada uno. El registro se realiza de forma automática cada 10 segundos y luego los datos son descargados y almacenados en una base de datos geográfica. El proceso de generación de información inicia con un análisis exploratorio de datos espaciales (ESDA) que permite explorar, encontrar y entender las relaciones entre esos datos en un primer proceso de integración y diferenciación que relaciona los datos entre sí y con el contexto geográfico. Esto

**Figura 2** Ruta óptima (1) y ruta real (2) seguidas por una persona entre dos puntos de la ciudad



permite transformar los datos en información sobre los orígenes y destinos de los viajes, las rutas seguidas y sus características geométricas, físicas, ambientales y perceptuales, las modalidades utilizadas, y los períodos de movimiento y de pasividad. En último término, la integración de conocimiento se realiza encontrando patrones en la información. Para esto, se comparan las rutas seguidas por los participantes con rutas óptimas modeladas con sistemas de información geográfica y se exploran potenciales patrones en dichas diferencias. Finalmente se correlacionan las posibles variables que expliquen las diferencias entre las rutas reales y las rutas óptimas. Los resultados son validados con los voluntarios durante una entrevista semi-estructurada.

Un caso concreto que permite ejemplificar el estudio es que el sujeto X viaja diariamente del punto A al punto B. Aunque la ruta 1 es la ruta más corta en distancia y tiempo, el sujeto utiliza generalmente la ruta 2 (Figura 2). Al analizar las dos rutas se encuentra que los valores de variables del entorno urbano son diferentes (por ejemplo la ruta 2 presenta más arbolado y mayor presencia de actividad comercial). Estas diferencias se repiten para otras rutas y otros sujetos, existiendo por lo tanto un *patrón* en la relación entre el comportamiento espacial y las variables del entorno urbano.



Figura 3 Prototipo de plataforma web para el mapeo participativo de percepciones de movilidad



En un segundo estudio de tipo experimental, a cada voluntario se le asigna una serie de localizaciones a visitar en la ciudad en un período de 5 horas. Cada voluntario es libre de seleccionar la ruta que desee y el orden de visita, siempre y cuando visite todos los puntos. El movimiento se registra de igual manera con dispositivos GPS y los datos son almacenados en la misma base de datos. De igual manera se estudia las diferencias entre las rutas reales y las rutas óptimas para encontrar las potenciales relaciones entre las variables del entorno y el comportamiento espacial. La distribución de los sitios a visitar se realiza de tal manera que las posibles rutas a seguir tengan un máximo diferencial en dichas estas variables. Al igual que en el caso anterior, los resultados son validados con los participantes utilizando técnicas de entrevistas semi-estructuradas.

En un tercer estudio se utiliza una aproximación de *crowdsourcing* para realizar un mapeo colaborativo sobre las percepciones de movilidad en la ciudad. Para esto se desarrolla una plataforma web basada en el software Ushahidi con un mapa de la ciudad en la que los participantes pueden subir datos sobre los problemas de movilidad que identifican en la ciudad. Los datos son agregados tanto en la dimensión geográfica como en la dimensión temática, permitiendo así encontrar relaciones espaciales en dichas percepciones. Utilizando tanto técnicas de análisis de discurso como técnicas de autocorrelación y *clustering* se detectan patrones en la información generada, permitiendo estudiar las posibles relaciones de estos patrones con los elementos estructurales de la ciudad (Figura 3).

## Conclusiones

La movilidad es un fenómeno complejo y dinámico que requiere una aproximación multidisciplinaria para su estudio. En este documento hemos presentado los elementos para un marco analítico multidisciplinario para el estudio de la movilidad no motorizada. El marco propuesto está compuesto por tres ejes: Metodológico, Comportamental y Perceptual, y hemos profundizado en el eje metodológico a través de un esquema conceptual que permite ordenar la creciente complejidad en un continuo de datos – información – conocimiento. Además, hemos mostrado con tres ejemplos concretos la aplicación de este esquema conceptual dentro de un proyecto de investigación de movilidad no motorizada en la ciudad de Cuenca.

## Agradecimientos

El presente trabajo se enmarca dentro del proyecto "Estudio de los patrones de movilidad de ciclistas y peatones para una movilidad sustentable – Pies y Pedales", financiado por la Universidad de Cuenca. El autor agradece la colaboración de los miembros del equipo del proyecto quienes han dado sustanciales aportes para esta investigación.

## Referencias

- ANDRIENKO, G.; ANDRIENKO, N. A. Visual Analytics Approach to Exploration of Large Amounts of Movement Data. In: SEBILLO, M.; VITIELLO, G.; SCHAEFER G. (Eds.). **Visual Information Systems**. Barcelona: 10th International Conference, 2008. p. 1–4.
- ASHBROOK, D.; STARNER, T. Using GPS to learn significant locations and predict movement across multiple users. **Personal and Ubiquitous Computing**, v. 7, n.5, p. 275–286, 2003.
- AZMANDIAN, M.; SINGH, K.; GELSEY, B.; CHANG, Y.-H.; MAHESWARAN, R. Following Human Mobility Using Tweets. In: CAO, L.; ZENG, Y.; SYMEONIDIS, A. L.; GORODETSKY, V. I.; YU, P. S.; SINGH M. P. (Eds.), **Agents and Data Mining Interaction**. Budapest: 9th International Workshop, 2013. p. 139–149.
- BELLINGER, G. **Knowledge Management**. 2004. Disponible en: <<http://www.systems-thinking.org/kmgmt/kmgmt.htm>>. Acceso en: 1 dec. 2015.
- BOGORNÝ, V.; HEUSER, C.; ALVARES, L. O. A. Conceptual Data Model for Trajectory Data Mining. In: FABRIKANT, S. I.; REICHENBACHER, T.; VAN KREVELD, M.; SCHLIEDER C. (Eds.), **Geographic Information Science**. Zurich: 6th International Conference, GIScience 2010, 2010. v. 6292, p. 1–15.
- CLÉMENT, L. La conjecture de MJH Mogridge: test sur l'agglomération de Lyon. **Les Cahiers Scientifiques Du Transport**, n. 30, p. 51-64, 1995.
- DUPUY, G. **Towards Sustainable Transport: The Challenge of Car Dependence**. 2nd ed. Nantes: John Libbey Eurotext, 2011.
- FIGUEROA, O. Transporte urbano y globalización: Políticas y efectos en América Latina. **EURE**, Santiago, v. 31, n. 94, p. 41–53, 2005.
- GIANNOTTI, F.; NANNI, M.; PINELLI, F.; PEDRESCHI, D. Trajectory pattern mining. In: ACM SIGKDD INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE DISCOVERY AND DATA MINING, 13., 2007, San Jose-USA. **Anales...** New York: ACM, 2007. p. 330–339.
- GIPS, J. **Social motion: Mobile networking through sensing human behavior**. 2006. 65 f. Dissertação (Master of Science in Media Arts and Sciences) - Program in Media Arts and Sciences, School of Architecture and Planning, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2006.
- GONZALEZ, M. C.; HIDALGO, C. A.; BARABASI, A.-L. Understanding individual human mobility patterns. **Nature**, v. 453, n. 7196, p. 779–782, 2008.
- HÄGERSTRAND, T. What about people in Regional Science?. **Papers in Regional Science**, v. 24, n.1, p. 6–21, 1970.
- JANKOWSKI, P.; ANDRIENKO, N.; ANDRIENKO, G.; KISILEVICH, S. Discovering Landmark Preferences and Movement Patterns from Photo Postings. **Transactions in GIS**, v. 14, n. 6, p. 833–852, 2010.
- KEELING, D. J. Transport research challenges in Latin America. **Journal of Transport Geography**, v. 29, p. 103–104, 2013.
- LEE-GOSSELIN, M.; DOHERTY, S. T.; SHALABY, A. Data Collection on Personal Movement Using Mobile ICTs: Old Wine in New Bottles? In: WACHOWICZ, M. (Ed.) **Movement-Aware Applications for Sustainable Mobility**. New York: Information Science Reference, 2010.
- OLIVER, M.; BADLAND, H.; MAVOA, S.; DUNCAN, M.; DUNCAN, J. Combining GPS, GIS, and Accelerometer

metry: Methodological Issues in the Assessment of Location and Intensity of Travel Behaviors. **Journal of Physical Activity and Health**, v. 7, n. 1, p. 8-102, 2010.

ORELLANA, D.; RENSO, C. Developing an Interactions Ontology for Characterising Pedestrian Movement. In: WACHOWICZ, M. (Ed.) **Movement-Aware Applications for Sustainable Mobility**. New York: Information Science Reference, 2010.

ORELLANA, D.; WACHOWICZ, M. Exploring Patterns of Movement Suspension in Pedestrian Mobility. **Geographical Analysis**, v. 43, n. 3, p. 241-260, 2011.

RINZIVILLO, S.; PEDRESCHI, D.; NANNI, M.; GIANNOTTI, F.; ANDRIENKO, N.; ANDRIENKO, G. Visually-driven analysis of movement data by progressive clustering. **Information Visualization**, v. 7, n.3/4, p. 225-239, 2008.

SAELENS, B. E.; SALLIS, J. F.; FRANK, L. D. Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures. **Annals of Behavioral Medicine**, v. 25, n. 2, p. 80-91, 2003.

VALIANT, G.; ROUGHGARDEN, T. Braess's Paradox in large random graphs. **Random Structures & Algorithms**, v. 37, n. 4, p. 495-515, 2010.

VAN MARWIJK, R. **These routes are made for walking: understanding the transactions between nature, recreational behaviour and environmental meanings in Dwingelderveld National Park, the Netherlands**. Wageningen: Wageningen University, 2009. p. 260.

VERHEIN, F.; CHAWLA, S. Mining spatio-temporal patterns in object mobility databases. **Data Mining and Knowledge Discovery**, v. 16, n. 1, p. 5-38, 2008.

WANG, Q.; TAYLOR, J. E. Massive Online Geo-Social Networking Platforms and Urban Human Mobility Patterns: A Process Map for Data Collection. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 2014, Orlando. **Anales...** Orlando: 2014. p. 1586-1593.

# Estrategias de movilidad sostenible en ciudades intermedias en América Latina. Evaluación del sistema de rutas de bicicleta en Cuenca-Ecuador

---

UNIVERSIDAD DE CUENCA – ECUADOR

Maria Augusta Hermida

Christian Calle

Pablo Osorio

---

UNIVERSIDAD DE STUTTGART – ALEMANIA

Alexa Velasco

## Introducción

En muchas ciudades alrededor del mundo las infraestructuras del transporte tradicionalmente han sido la base del desempeño urbano y su distribución y diseño están estrechamente relacionados con el modo de transporte preferido en la ciudad.

Muchas ciudades antiguas fueron diseñadas con centralidades cercanas para favorecer la accesibilidad de los peatones y de otros medios de transporte lentos pues el transporte motorizado no existía. Con el surgimiento del vehículo al final de 1800, las ciudades sufrieron grandes transformaciones en su estructura urbana que empezó a priorizar los flujos de vehículos privados. Actualmente miles de ciudades se enfrentan a las consecuencias de la presión por el incremento del tráfico y una cultura de la movilidad que no considera el bienestar y la seguridad de los ciudadanos ni la sustentabilidad medioambiental. Actualmente la planificación urbana está generalmente enfocada en satisfacer la movilidad de los vehículos privados, que siempre requieren más y más espacio, más velocidad y espacio para aparcar. Las vías principales se ensanchan en detrimento del espacio de veredas, los tiempos de los semáforos priorizan los flujos motorizados, las zonas de parque en la calle se satura y los vehículos invaden las veredas, los redondeles y las ciclovías.

Desafortunadamente, la relación entre la estructura urbana y el sistema de transporte manifiesta reduccionismo y contradicciones y un divorcio entre urbanismo y planificación del transporte, aunque están íntimamente relacionados (MONTEZUMA, 2008; PALANCAR, 2004). Para las ciuda-

des alrededor del mundo, y particularmente para las ciudades intermedias en América Latina, es esencial empezar a pensar en sistemas de transporte más integrados y sustentables. Es urgente restaurar la escala humana y desarrollar estrategias de movilidad que reconozcan al ciclismo como una alternativa viable de transporte.

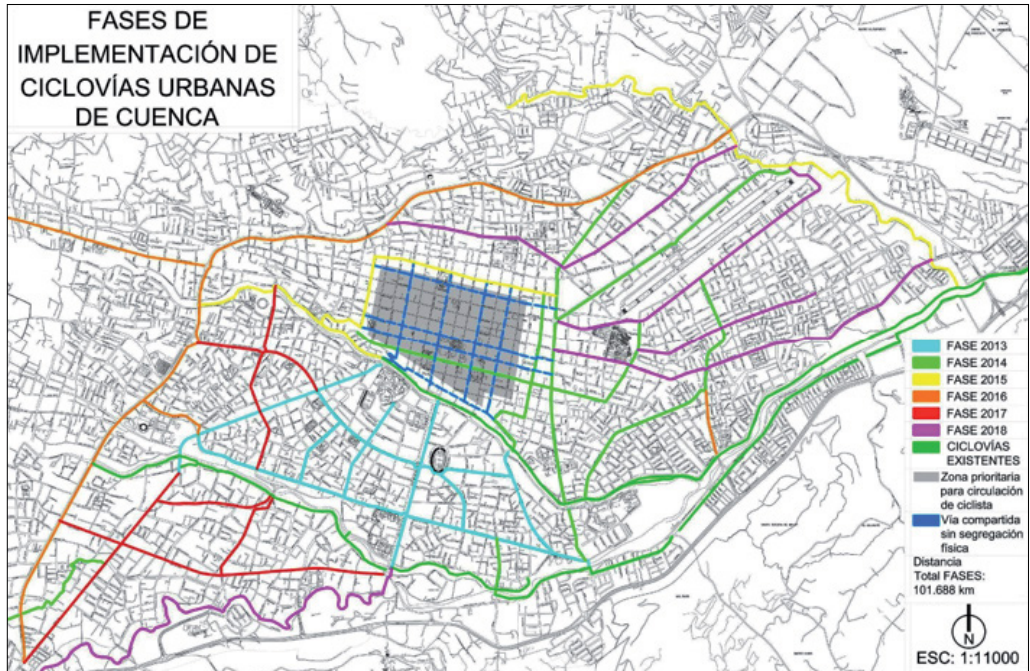
En Cuenca el proceso ha comenzado. Cuenca está localizada en la zona norte de los andes, al sur del Ecuador, cerca de la línea ecuatorial, a 200msnm. Como el resto de los Andes ecuatorianos, Cuenca goza de un clima benigno durante todo el año, con una temperatura promedio de 14 grados centígrados y una precipitación anual de alrededor de 1100mm. La ciudad está construida sobre una cuenca hídrica importante formada por 4 ríos que cruzan la ciudad: Tomebamba, Yanuncay, Machángara y Tarqui. Estos cuatro ríos se unen al sureste de la ciudad y forman el río Cuenca. Tiene aproximadamente 330.000 habitantes y es la tercera ciudad del Ecuador con 85.000 vehículos privados circulando sus calles. El sistema modal de Cuenca está altamente relacionado con el nivel socio económico de su población (Table 1). El 48% de los viajes diarios se hacen en transporte público, el 37% de los viajes se hacen en transporte privado y menos del 1% se lo hace en bicicleta (VELASCO *et al.*, 2012, p.25).

Las primeras ciclovías fueron construidas a lo largo de los ríos como parte de programas de recuperación de estos sectores. Posteriormente se establecieron otras rutas aisladas en las antiguas líneas de tren. Se llevó adelante un proceso planificado desde el Municipio de Cuenca, quienes

**Tabla 1** Transporte usado a diario relacionado con la ocupación

|                    | Ocupación |              |           |          |                   |            |       |
|--------------------|-----------|--------------|-----------|----------|-------------------|------------|-------|
|                    | Total     | Desempleados | Empleador | Empleado | Trabajador manual | Estudiante | Otros |
| Vehículo privado   | 37%       | 30%          | 55%       | 31%      | 23%               | 38%        | 32%   |
| Transporte público | 48%       | 42%          | 33%       | 52%      | 58%               | 49%        | 61%   |
| Taxi               | 8%        | 21%          | 8%        | 10%      | 16%               | 5%         | -     |
| A pie              | 5%        | 3%           | 4%        | 6%       | 3%                | 5%         | 5%    |
| En bicicleta       | 1%        | 3%           | -         | 1%       | -                 | 3%         | 2%    |
| Total              | 728       | 33           | 141       | 265      | 31                | 202        | 56    |

Figura 1 Fases planificadas para la construcción de la red de ciclovías para la ciudad de Cuenca



Fuente Velasco et al., 2012

contrataron un estudio de factibilidad para una red integrada de ciclovías que se desarrollaría en 6 fases (Figura 1).

La primera fase, planeada para el año 2013, establecía una ciclovía de 20Km en El Ejido, una zona de usos mixtos en el corazón de la ciudad en donde el comercio, los servicios y otras actividades comerciales comparten el espacio con diferentes tipos de vivienda y clases sociales. Solo 4,6Km de la ciclovía (20% del total planificado) se construyó durante esta fase y, como se puede observar en cualquier día de trabajo, aún se mantiene en desuso.

### Las ciclovías y la legibilidad

La calidad del trazado de una red de ciclovías está dada por la posibilidad de llegar a todos los destinos de manera directa, sin desvíos y sin obstáculos; con rutas seguras y sin riesgos en las intersecciones. La reducción de la velocidad del vehículo generalmente favorece una percepción positiva de la seguridad a más de que la red sea continua y coherente, y que conecte el origen y el destino de los viajes de manera continua.

La continuidad de las características físicas de la red es fundamental para que estén sean usadas, las ciclovías que están desligadas de la red raramente se usan. Una red de alta calidad necesita ser coherente, directa, confortable, segura y atractiva. Los primeros dos parámetros se refieren al hecho de que la distribución de la red debe llegar a todos los principales destinos y debe ofrecer una ventaja en términos de reducción de demoras respecto a otros medios de transporte mientras vincula el origen de los viajes con los destinos, en particular con los puntos de acceso al transporte público. Las características de atractivo, seguro y confortable están más relacionadas con la experiencia del usuario. Esto significa que la estética, la reducción de ruidos y la integración con los alrededores tienen la misma importancia que la reducción del volumen del tráfico y la velocidad. La infraestructura debe cumplir los estándares de diseño para anchos, gradiente, calidad de la superficie para todo tipo de usuario, incluyendo a niños y personas con discapacidad (CYCLE INFRASTRUCTURE DESIGN, 2008).

Todos estos conceptos están relacionados con aquellos expresados en el libro de Kevin Lynch *"The Image of the city"* en donde manifiesta que la legibilidad de la ciudad depende en qué tan fácilmente la gente puede reconocer y organizar las partes de la ciudad en patrones coherentes: *"A legible city would be one whose districts or landmarks or pathways are easily identifiable and are easily grouped into an overall pattern"* (LYNCH, 1960, p. 3).

Para encontrar un lugar legible, Lynch (1960) se refiere a los "mapas mentales" que la gente usa como guías internas para encontrar un lugar. Esto significa, que la gente confía en sus sentidos para reconocer una ruta segura, coherente, confortable, confusa o amedrentadora. Estos mapas mentales son un producto de lo que Montgomery (1998) y también Lynch (1960) manifiestan como *imageability* del ambiente urbano: esto es, *"the extent to which the components of the environment make a strong impression on the individual"* (MONTGOMERY, 1998, p. 100). Esta *imageability* está influenciada por la legibilidad de la ciudad: *"the degree to which the different elements of the city (defined as paths, edges, districts, nodes and landmarks) are organized into a coherent and recognizable pattern"* (MONTGOMERY, 1998, p. 101).

También hay algunos acuerdos comunes entre muchos autores y expertos del espacio y del diseño urbano que los caminos son los primeros insumos para crear un marco de aprendizaje inicial para nuevos residentes, mientras que los habitantes habituales producen mapas mentales más complejos basados en los caminos y los hitos. En contraste, los visitantes o turistas tienden a usar los hitos del paisaje como puntos de anclaje para construir el conocimiento de una ruta. Por otro lado, el proceso para entender la imagen de una ciudad depende en la distribución final y en la claridad de la infraestructura urbana (el diseño en sí) pero también en las percepciones individuales de la gente. Estas percepciones son en parte valores e ideas individuales, y en parte derivadas de identidades y procesos culturales mayores (MONTGOMERY, 1998). En el caso de la legibilidad de la red de ciclovías se basa en la facilidad de encontrar una ruta segura y accesible desde un origen hasta un destino. Por esto, la red debería planearse en una escala más detallada que la red

de autopistas, minimizando distancias y cortes. Un ciclista utilitario selecciona una ruta sabiendo de antemano que su viaje será más corto que en carro. Para esta razón, la distribución debe estar claramente señalizada, de modo que también beneficie a los peatones al evitar conflictos en el uso del espacio compartido con los ciclistas (CYCLE INFRASTRUCTURE DESIGN, 2008).

En este contexto este trabajo evaluará la red de bicicletas actual de Cuenca en términos de su legibilidad usando la percepción de los usuarios, la evaluación de las intersecciones y la aplicación de la sintaxis espacial de toda la red. Son las redes de vías o caminos (la infraestructura de transporte de una ciudad) los vínculos entre la abstracción del espacio y la imagen de la ciudad. Esta abstracción de la red de ciclovías es el interés central de este estudio pues nos dará información sobre las diferentes representaciones que la gente tiene sobre las rutas que usa y las experiencias de recorrerlas en bicicleta.

La experiencia de usar bicicleta en la ciudad será evaluada con la participación de un grupo de voluntarios (usuarios activos y no de bicicletas) a quienes se les pedirá seguir una de las rutas planeadas para la red. Esta experiencia será monitoreada en dos maneras: se les pedirá llevar con ellos un GPS para grabar su viaje, y tendrán que participar en un grupo focal para y posibles propuestas.

Con la información recolectada se hará un análisis espacial que nos dará datos sobre la variación de la velocidad, las maniobras específicas durante el experimento y las paradas realizadas. El objetivo del análisis será entender cuáles son las razones para posibles demoras en el viaje en bicicleta. Los descubrimientos permitirán descubrir alternativas en la implementación de la red.

En Cuenca, no hay antecedentes de análisis espacial en la planificación de redes de transporte, la encuesta origen destino es la principal fuente de datos utilizada por quienes diseñan las redes de transporte, sin embargo el análisis de la elección individual de la ruta podrían llevar a conclusiones erróneas. Es necesario analizar el comportamiento de los ciclistas al nivel del sistema, independientemente de estudios O-D individuales (RA-FORD *et al.*, 2007). Se ha probado que el análisis

de segmentación de la Sintaxis Espacial correlaciona mejor el tráfico motorizado y el de bicicleta (HILLIER; IDA, 2005) En el presente trabajo se realizan análisis de distintos tipos tomando en cuenta diferentes escalas.

## Metodología

### Estudio de percepción

El estudio de percepción aplico una metodología mixta para obtener información cualitativa y cuantitativa. La información cualitativa es producto del carácter y uso del espacio, mientras que la cuantitativa se refiere a la información sobre los conflictos producidos en el espacio a través de localizar puntos de conflicto a lo largo de la ruta. Para este propósito una encuesta in situ se desarrolló en septiembre 2014 en el sector de El Ejido, en donde se implementó la primera fase de la red de ciclovías. Las entrevistas se desarrollaron en tres días a diferentes horas. La zona de estudio se dividió en nueve zonas (tres zonas cada día) y las entrevistas se desarrollaron para ciclistas y peatones en el espacio público. En total se hicieron 354 entrevistas con un margen de error  $\pm 5$ . El número de cuestionarios se estableció a través de la siguiente fórmula:  $N = (g^2 * z^2) / d^2$

En donde: N = tamaño de la muestra; g = función de la varianza, desviación estándar prevista; z = nivel de confianza; d = nivel de precisión (La población de El Ejido es de 12.000 habitantes).

Se usaron preguntas abiertas y cerradas dependiendo del resultado deseado de cada una. La primera parte tuvo 15 preguntas referentes a información socio-económica, las imágenes urbanas de la ciudad y la red de ciclovías. Mientras que la segunda parte incluyó un mapa de El Ejido y se le pidió a la gente que identifique y dibuje los puntos de conflicto y los puntos seguros durante sus viajes.

### La experiencia de los ciclistas

Se recolectó la experiencia de 20 voluntarios a quienes se les pidió hacer un recorrido en bicicleta por una determinada ruta previamente definida. Se establecieron 10 rutas que recorrían toda la red de ciclovías propuesta. La distancia de cada ruta fue de 16 a 19 kilómetros y debía recorrerse, al menos dos veces. Cada viaje se hizo con un

GOS, grabando la información cada segundo. Los voluntarios fueron adultos jóvenes entre 20 y 40 años, hombres y mujeres con experiencia variada en el uso de la bicicleta alrededor de la ciudad. Se les pidió recorrer las rutas durante días de trabajo, en la tarde, entre 15h00 y 18h00, este periodo aseguraba que se hacía el experimento fuera de las horas pico. Esta experiencia produjo información útil acerca del comportamiento de los ciclistas. Cada participante recibió un mapa con la ruta a seguir y un GPS.

La información se recolectó de dos maneras. La información recibida a través del GPS fue analizada en términos de las variaciones de velocidad para localizar los puntos donde los ciclistas estaban forzados a parar y cortar la continuidad de la ruta. Por otro lado, se condujo una reunión con los participantes a quienes se les preguntó acerca de sus experiencias positivas y negativas, además se les pregunto por sugerencias que podrían adoptarse como parte de las políticas públicas de movilidad.

### Información GIS y análisis de sintaxis espacial

Los datos recolectados con los GPSs fueron procesados en el programa QGIS, las rutas fueron representadas en puntos sucesivos, cada uno de los cuales tenía información sobre la velocidad y la dirección del movimiento de los ciclistas. La velocidad fue categorizada en cinco rangos de acuerdo a situaciones particulares de movimiento: 0-1km/h representaba un ciclista detenido; 4-7 km/h representa la velocidad de alguien que lleva su bicicleta a un costado mientras camina; 10-20 km/h es el promedio de velocidad de un ciclista en un entorno urbano.

Se utilizó un mapa axial de la ciudad de Cuenca para analizarlo con la técnica de la sintaxis espacial utilizando el programa Depth Map. Este mapa se construyó teniendo en cuenta todo el perímetro urbano de Cuenca. El análisis se realizó considerando cada uno de sus segmentos (cuadras) de las vías. El primer paso fue analizar el diseño propuesto para la red de ciclovías. Se realizó un análisis de integración  $r=n$  y  $r=3$  para comparar la relación entre la propuesta de la red de ciclovías con las zonas más integradas de la ciudad, tomando en cuenta además que el 60% de los habitantes



**Tabla 2** Caracterización socioeconómica de los encuestados

| G <sup>1</sup> | cyclist | EDAD EN AÑOS |       |       |     | CASE SOCIAL <sup>2</sup> |     |     |     | INGRESO MENSUAL EN USD |               |             |             | OCUPACIÓN <sup>3</sup> |     |     |    |     |    |
|----------------|---------|--------------|-------|-------|-----|--------------------------|-----|-----|-----|------------------------|---------------|-------------|-------------|------------------------|-----|-----|----|-----|----|
|                |         | 18-24        | 25-34 | 35-39 | 40+ | A                        | MA  | M   | B   | + 3.000                | 1.200 – 3.000 | 380 – 1.200 | 380 o menos | D                      | E   | Em  | T  | Es  | O  |
| M              | 56      | 54%          | 16%   | 11%   | 20% | 4%                       | 30% | 50% | 16% | 2%                     | 20%           | 36%         | 43%         | 4%                     | 7%  | 36% | 2% | 50% | 2% |
| F              | 40      | 58%          | 15%   | 10%   | 18% | 5%                       | 53% | 35% | 8%  | 3%                     | 43%           | 20%         | 35%         | 0%                     | 23% | 20% | 0% | 58% | 0% |

<sup>1</sup> Género: M=Masculino; F=Femenino.

<sup>2</sup> Clase social, cómo la gente se auto identifica: A=alto; MA=medio alto; M=Medio; B=Bajo

<sup>3</sup> Ocupación: D=desempleado; E=empleador; Em=empleado; T=trabajador; Es=estudiante; O=otros.

**Tabla 3** ¿Qué es lo que más te molesta de Cuenca?

|  | TOTAL | HOMBRES | MUJERES |
|--|-------|---------|---------|
| Embotellamientos   | 38%   | 35%     | 43%     |
| Contaminación del aire, ruido y basura.                        | 21%   | 25%     | 15%     |
| Gente  | 13%   | 11%     | 18%     |
| Mal estado de las calles, construcción del tranvía y ciclovías | 7%    | 7%      | 8%      |
| Gente que no respeta las ciclovías o los espacios públicos.    | 5%    | 5%      | 5%      |
| Inseguridad y delincuencia                                     | 7%    | 9%      | 5%      |
| Nada   | 2%    | 0%      | 5%      |
| Otros**  | 3%    | 5%      | 0%      |
| Servicio de transporte público                                 | 2%    | 4%      | 0%      |
| NC   | 1%    | 0%      | 3%      |

<sup>1</sup> Desconfiable, quejumbrosa, egoísta, ignorante, mala, mente cerrada, clasista

de Cuenca tienen una distancia de viaje promedio de 3 km, era importante evaluar la red a nivel local.

El análisis de segmentos fue diseñado con un radio de 5000 y 2000 metros ( $r=5000$  y una  $r=2000$ ), porque la lógica del análisis permite una subdivisión a detalle de las rutas. El diseño de la red de ciclovías fue comparado con el mapa final, además se realizaron comparaciones entre puntos específicos de la ruta y valores de choice, integración, y angular connectivity de la red con el objetivo de encontrar relaciones entre el análisis espacial y el comportamiento de los ciclistas.

## Resultados y discusión

La primera parte de la encuesta consistía en una caracterización socio-económica de los encuestados. 96 personas de las 354 encuestadas eran ciclistas, 56 de ellos hombres y 40 mujeres. La mayoría de ciclistas eran personas entre 18 y 24 años de edad y principalmente de ocupación estudiantes (53%). El segundo grupo de ocupación fueron empleados, que se describen a sí mismos como de clase media

con un ingreso entre 380 y 1.200 dólares mensuales. Se encontró una diferencia entre la autodefinición de clase social y el ingreso que percibían, personas que se autodenominaban como de clase media decían recibir menos de 380 dólares al mes, posiblemente se trate de jóvenes que viven con sus padres, algo muy común en Ecuador (Tabla 2).

Al ser preguntados sobre los propósitos de su viaje en bicicleta, la mayoría contestó que era ocio (31%), seguido por trabajo (26%) y estudios (23%). Una de las preguntas que intentó aportar al imaginario de Cuenca de parte de los ciclistas fue ¿cuál es el color de la ciudad?, más de la mitad de encuestados respondieron que *verde o rojo* como el color de la ciudad, mientras sólo el 6% dijeron que era gris, un color normalmente relacionado con el smog o el clima lluvioso. El color verde podría referirse a los parques lineales que cruzan la ciudad a lo largo de los ríos o también podría ser una imagen aspiracional. En el caso del color rojo, está vinculado a la arquitectura de la ciudad, caracterizada por ladrillos y tejas en su construcción en buena parte de la ciudad.

**Figura 2** Ciclovías construidas en la fase 1 de la Red de Ciclovías



**Figura 3** Ciclovías en la Avenida Solano y Remigio Crespo



Estas respuestas vinculadas a la imagen de Cuenca contrastan con las respuestas dadas por la gente con respecto a los problemas que más le molestan actualmente: los embotellamientos y la contaminación, aspectos que parecen estar íntimamente relacionados entre sí.

Sólo el 27% de los encuestados declararon haber usado la red de ciclovías durante el mes anterior. Las ciclovías más recordadas por los encuestados fueron las que están ubicadas en las vías más concurridas y comerciales de la ciudad. En la Figura 2 se presentan las ciclovías que se han construido en las principales vías de la ciudad y que conectan el centro con el sur de la ciudad, y el sudeste con el sudoeste.

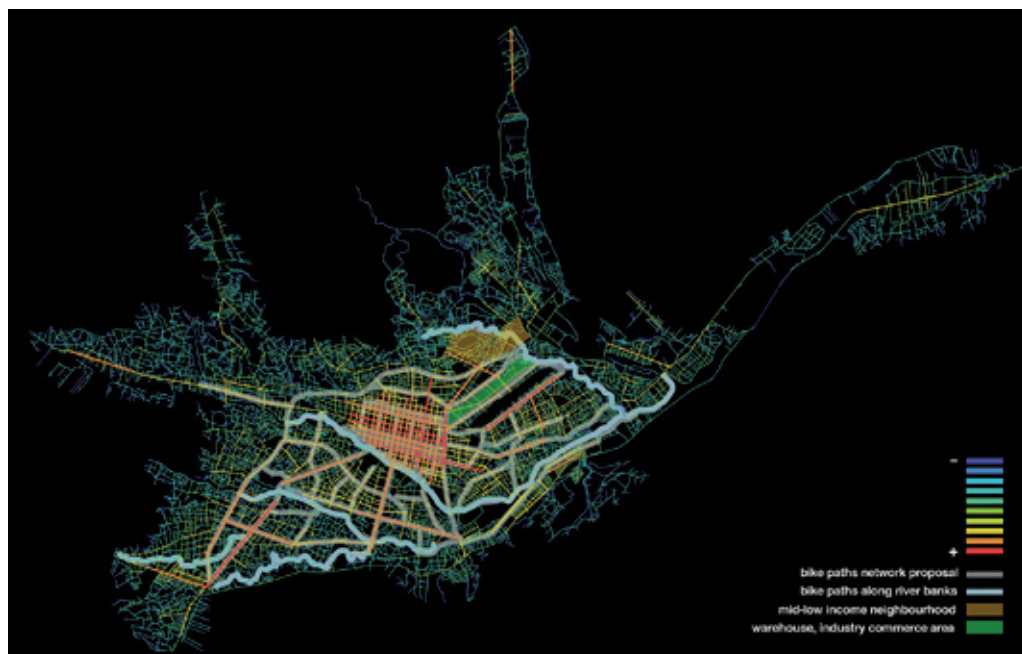
Con respecto a la percepción del diseño de la red de ciclovías, la mejor calificada fue la de la Avenida Solano, seguida por la Remigio Crespo (Figura

3). Los encuestados argumentaban que esta última generaba conflicto con los peatones, pues estaba construida sobre la acera y la simbología aún no era conocida o no resultaba clara para peatones y ciclistas. Las peores percibidas resultaron las de la Avenida Loja y la Avenida 10 de Agosto. Las principales quejas sobre la primera giraban en torno a que resultaba incompleta y que la gente se sentía insegura mientras la utilizaba en contrasentido de los autos. Mientras que en la Avenida 10 de Agosto los ciclistas percibían el riesgo de no tener una segregación física cuando los autos tienen una velocidad de más de 50 km/h en promedio.

### La experiencia del ciclista

La experiencia del ciclista fue analizada en sus aspectos negativos y positivos. Como negativo, los ciclistas reportaron sentirse "invisibles" a los

**Figura 4** Análisis axial de Integración R=3



**Figura 5** Análisis de Segmento Choice R=5000 (metrico)



autos y peatones, por esto se sentían más vulnerables y tenían que conducir más rápido y más lento, dependiendo de la velocidad de los autos. Este sentimiento de invisibilidad tiene dos posibles causas: por un lado la estructura de la red vial no ayuda al ciclista porque promueve altas velocidades de los autos. Por otro lado existen intersecciones peligrosas y barreras a lo largo de las vías tales como carros parqueados o paradas de buses.

Como positivo se encontraron tres elementos: primero el reconocimiento de que las ciclovías confinadas ayudan de manera importante al sentido de seguridad y disfrute del ciclista; segundo, las vías más anchas están vinculadas con sensaciones de mayor seguridad porque permiten mejor circulación; y tercero, la calidad de los espacios públicos, como el hecho de tener áreas verdes o paisaje, hace placentera la experiencia del uso de la bicicleta.

Los participantes aportaron con sugerencias de política pública que podría ayudar al ciclista desde el punto de vista de la infraestructura y desde el punto de vista de la cultura cívica. En términos de infraestructura, la conclusión principal es la necesidad de promover ciclovías, preferentemente con separación física del vehículo, si no es posible esta segregación, es necesaria una separación visual clara. Una segunda propuesta surgió con respecto a los espacios verdes: las ciclovías deberían ser placenteras a la vista y deberían proveer sombra de árboles donde sea posible.

Con respecto a la cultura cívica, los ciclistas expresaron la necesidad de que la sociedad comprenda una jerarquía de preferencia. Los peatones en primer lugar, luego los ciclistas, después el transporte público, continuando con vehículos de carga y finalmente carros privados.

### Análisis de Sintaxis Espacial

Para analizar la red de ciclovías en relación con su integración con la red vial se utilizó el análisis axial de integración  $R=3$  (Figura 4), como resultado tenemos que la mayoría de las ciclovías propuestas corresponden con las vías más integradas de la ciudad, aunque el mapa evidencia que algunas conexiones importantes no se han escogido. El análisis de segmento  $r=5000$  (Figura 5) confirmó este dato y claramente mostró que en

la parte noreste de la ciudad, las rutas escogidas para la red de ciclovías no pasaban por lugares de valor alto de la medida choice. En la parte noreste de la ciudad hay altos niveles de alquiler de vivienda, es además una zona industrial y comercial con bajas densidades de vivienda.

Algunas vías con alto valor de choice que pasaban a través de barrios de bajos ingresos, no fueron considerados en el diseño de las ciclovías.

El análisis axial y de segmento también reveló que las ciclovías que circulan a lo largo de los ríos tienen bajos valores, lo que suele estar relacionado a poco uso, sin embargo esto contrasta con la discusión con los ciclistas. Ellos manifiestan tener una experiencia placentera cuando usaban las rutas cercanas al río. Esto sugiere que existen otros factores que influyen fuertemente la elección de la ruta: las características del ambiente natural, el paisaje, la diversidad urbana o las preferencias personales.

Un hallazgo importante tiene que ver con la relación entre la velocidad promedio a lo largo de las ciclovías (Figura 6) y la integración en el análisis de segmento. Se usó un análisis de sintaxis espacial  $r=1000$  (Figura 7) para comparar los resultados a escala local en términos de velocidad, la pendiente de las calles no fue considerada. Comparando la figura 6 y la figura 7 podemos apreciar que los segmentos más integrados de las vías, donde además está propuesta la red de ciclovías, son aquellos donde la velocidad promedio de los ciclistas decrece a menos de 10km/h. Esto tiene relación con el incremento del tráfico motorizado y con la proximidad entre ciclistas y autos, lo que afecta su percepción de seguridad. Ejemplos claros de esta relación se aprecian en al menos cuatro avenidas de la ciudad (Huayna Cápac, Héroes de Verdeloma, Unidad Nacional, Las Américas y González Suárez) (Figura 7). Estas avenidas conectan diferentes puntos de la ciudad, sin embargo la configuración de su calle no permite suficiente espacio para los ciclistas, haciendo sus viajes más lentos.

### Conclusiones

En la evaluación realizada a la red de ciclovías para la ciudad de Cuenca, la sintaxis espacial en combinación con el estudio de comportamiento y percepción de los usuarios han aportado im-

Figura 6 Velocidad promedio a lo largo de las ciclovías en Cuenca

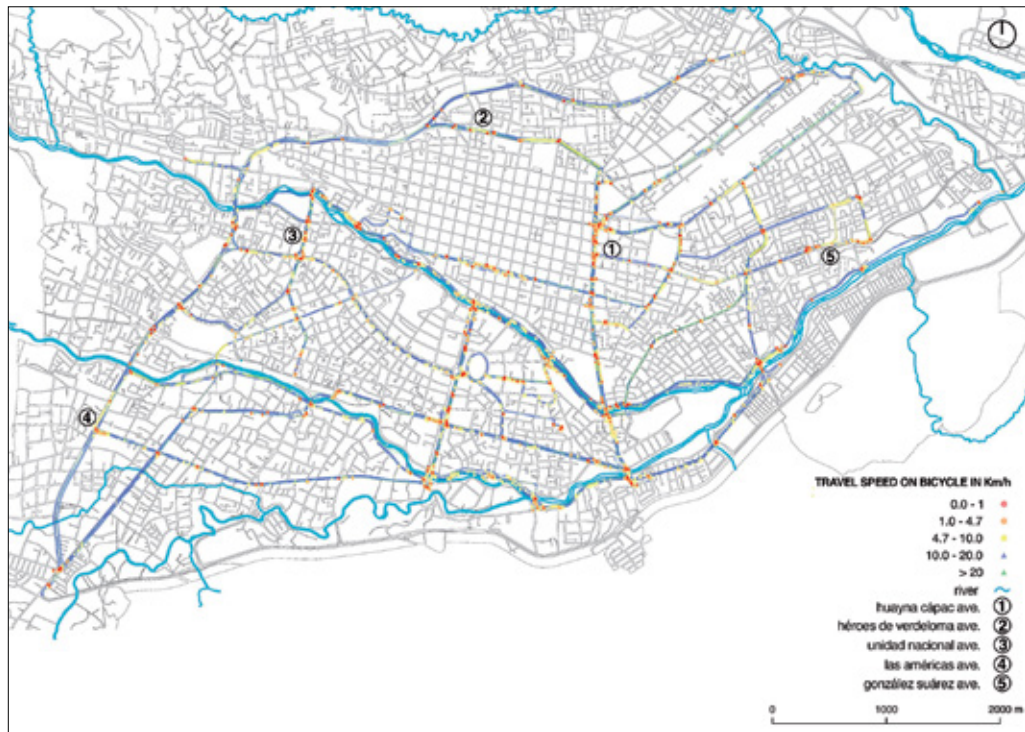


Figura 7 Análisis de segment, integración R=1000 (metric)



portante información para mejorar la calidad y proponer soluciones a zonas conflictivas que se ubicaron en la red de ciclovías.

Junto a la evaluación de la configuración de la red, el estudio sugiere que la variable de 'proximidad a los autos' influencia fuerte y negativamente el funcionamiento del sistema. El análisis mostró dos necesidades al respecto: primero ajustar algunas rutas, y segundo mejorar la calidad ambiental de éstas.

A continuación se presentan algunas ideas relevantes del estudio:

- En ciudades intermedias como Cuenca, donde el uso de la bicicleta como medio de transporte está en sus inicios, es preferible la existencia de ciclovías, aunque su diseño no sea el correcto o su calidad sea deficiente.
- Las ciclovías deben tener una separación física de los autos, de lo contrario no será utilizado por nuevos usuarios.
- La percepción de seguridad es fundamental para promover el uso de las ciclovías. La presencia de áreas verdes es un aspecto de percepción positiva.
- Las ciclovías deben presentar continuidad, la red entera de ciclovías debe ser concebida desde sus inicios para garantizar que habrá conexión segura entre ella. Las intersecciones peligrosas deben ser evitadas, podría ser mejor utilizar vías secundarias para la implementación de ciclovías antes de colocar a la gente bajo estrés y riesgo al cruzar las vías.
- Una cultura de respeto mutuo debe ser promovida. La prioridad en la vía debe ser definida en el siguiente orden: peatones, ciclistas, transporte público, vehículos de carga y autos privados al final. Estándares de comportamiento en la vía deben ser definidos y respetados.
- Deben promoverse campañas para la promoción del uso de la bicicleta como medio de transporte. Estas campañas deben subrayar la relación de la bicicleta con la salud, el ambiente sano y con el bienestar en general.
- El gobierno debe construir la infraestructura necesaria para hacer de la bicicleta una forma de transporte segura y comfortable. La sociedad y la sustentabilidad global se verán beneficiados por estas decisiones.

## Referencia

COLOSI, L. **Designing an effective questionnaire**. Ithaca: Cornell University, 2006.

HILLIER, B.; IDA, S. Network effects and psychological effects: a theory of urban movement. In: INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM, 50., 2005, London. **Anales...** London: University College London, 2005.

LYNCH, K. **The image of the city**. Cambridge: MIT Press, 1960.

MONTEZUMA, R. **Movilidad sostenible articulada al desarrollo urbano en el marco de revisión Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá**. Bogotá: Cámara de Comercio de Bogotá, 2008.

MONTGOMERY, J. Making a city: urbanity, vitality and urban design. **Journal of Urban Design**, v. 3, n. 1, p. 93-116, 1998.

PALANCAR, M. El tráfico y el peatón. **Revista Ingeniería y territorio**, n. 69, p. 52-55, 2004.

RAFORD, N.; CHIARADIA, ALAIN J.; GIL, J. Space Syntax: The Role of Urban Form in Cyclist Route Choice in Central London. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD ANNUAL MEETING, 86., 2007, Washington, DC, USA. **Anales...** Washington, DC: Transportation Research Board, 2007. CD-ROM.

VELASCO, A.; CASTELLAR, J. R. **Plan de ciclovías urbanas y proyecto definitivo para fase piloto y estudio para el sistema de transporte público en bicicleta de la ciudad de Cuenca**. Cuenca: Ilustre Municipio de Cuenca, 2012.

**CYCLE INFRASTRUCTURE DESIGN**. London: Department of Transport, Scottish Executive, Welsh Assembly Government, 2008.

# Transformación de barrios, de zonas consolidadas de Cuenca (Ecuador), en compactos y sustentables

---

UNIVERSIDAD DE CUENCA – ECUADOR

María Augusta Hermida

Christian Calle

Natasha Cabrera

## La densificación urbana como componente de la sostenibilidad

La densificación es hoy un paradigma ampliamente defendido por quienes buscan la sostenibilidad urbana (Jabareen, 2006) y ven en la ciudad compacta y diversa una alternativa para conseguirla. No obstante, ciertos autores asocian las altas densidades con un descenso de la calidad de vida de los residentes de estas zonas, así Howley, Scott y Redmond (2009) en su artículo sobre sostenibilidad versus habitabilidad, señalan que las áreas urbanas compactas muestran menor calidad de vida que las áreas rurales; sin embargo también manifiestan que esta situación no depende directamente de la densidad sino de otros factores ligados a ésta. Por ejemplo, en el caso de la movilidad la concentración de viviendas colabora en la disminución del uso del vehículo privado, con los consecuentes beneficios ambientales a escala global, sin embargo, de acuerdo a Melia, Parkhurst y Barton (2011), también aumenta la concentración de tráfico motorizado, empeorando el ambiente a escala local. La densificación sustentable requiere, por lo tanto, cambios en el sistema de movilidad y, por ende, en el modelo de ciudad actual donde prima el uso del automóvil privado.

Si bien la densificación muestra una aparente paradoja, lo que queda claro es la necesidad de trabajar paralelamente con otros componentes de la vida urbana para alcanzar la sustentabilidad de la ciudad. La clave, para este cambio de paradigma, estaría en la implementación de procesos de densificación que consideren los demás aspectos de la vida en la ciudad. Por esto, como señala Arbury (2005), el diseño urbano constituye una herramienta imprescindible en la construcción de ciudades más sustentables y amables con el ser humano.

En el caso particular de Cuenca, según Hermida et. al. (2015a), hacia 1950 la zona urbana presentaba, según el Primer Censo Nacional de Población, 39.983 habitantes y según datos municipales de 1946, un área consolidada de 288,29ha, lo cual deriva en una densidad bruta de 138,69hab/ha. Para 2010 la densidad había bajado a 45,51hab/ha, con una población de 329.928 habitantes y un área

de 7.248,23ha. Se había producido un alarmante descenso del 67% en los valores de densidad y modificaciones significativas en las demás variables urbanas como la movilidad, la complejidad, el consumo energético, el tratamiento de residuos y la segregación socio-espacial. En la zona del Yanuncay, donde se llevó adelante este estudio, la densidad bruta hoy apenas alcanza el valor de 58,86hab/ha. Como se ve, Cuenca fue una urbe compacta y podría volver a serlo sin olvidar medidas de actuación en todas las variables de una ciudad sustentable, como la calidad de vida de las personas, las estrategias de movilidad alternativa, la generación de espacio público, la promoción de biodiversidad, y el incremento de complejidad y cohesión social.

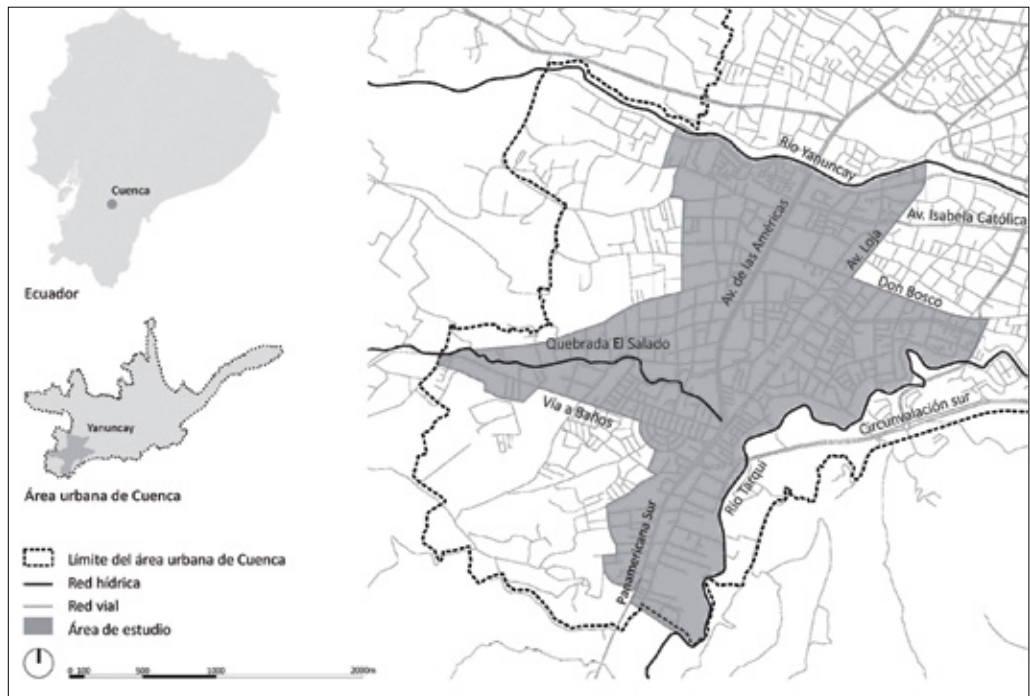
Con estos antecedentes, la propuesta metodológica que presentamos aborda los ámbitos privado y público de los barrios consolidados de Cuenca, con la intención de establecer estrategias de intervención, tanto a escala de vivienda como de espacio público. Se plantea un marco flexible de intervención en el tejido consolidado que puede adaptarse a las necesidades de contextos específicos. La hipótesis manejada se apega a la construcción de barrios compactos sustentables (BACS) en sectores consolidados de Cuenca, que colaboren en la generación de un nuevo modelo urbano donde el ser humano sea el centro de reflexión y acción (Hermida et al., 2015b).

### Cinco pasos para alcanzar barrios compactos sustentables (Bacs)

En la ciudad de Cuenca, con excepción del área histórica, existen pocos tejidos homogéneos de fácil identificación. No obstante, existen sectores con bordes y características sociales, culturales y económicas particulares, que emergen como células barriales en el imaginario de la población. Son justamente estos elementos sobre los que se propone una reestructuración urbana, entendiendo al barrio como "la unidad mínima que morfológicamente da forma y sentido a la ciudad, es decir, un entorno que permite desarrollar las relaciones sociales entre sus habitantes" (Barnó y Stepien, 2011, p. 1), con la intención de crear modelos de intervención flexibles que puedan replicarse en diferentes escenarios y morfologías. Se busca construir ciudad mediante la articulación de ter-

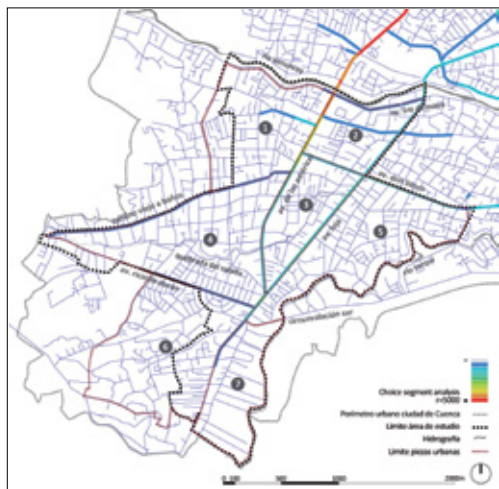


**Figura 1** Plano de la zona de estudio



Fuente Elaboración propia

**Figura 2** Plano de las piezas urbanas definidas por las vías principales



Fuente Hermida et al., 2015b

ritorios reconocibles; propiciar la accesibilidad a medios de transporte alternativos; incrementar la complejidad mediante la mezcla de usos terciarios que mejoren la cobertura de comercio y servicios cotidianos; mejorar las condiciones de espacio público y colectivo; restaurar la biodiversidad generando conexiones verdes a diversas escalas; intensificar el uso de suelo privado garantizando las condiciones de habitabilidad y funcionalidad; y, abordar mecanismos normativos y de gestión (Hermida et al., 2015b, p. 28).

El área de estudio se sitúa en la zona suroeste de Cuenca, conocida como Yanuncay (Figura 1).

La metodología reconoce dos ejes de trabajo: el espacio público y el privado; y determina acciones a escala arquitectónica, barrial y urbana. Para conseguir los resultados se proponen cinco pasos: 1) Determinación de la escala de intervención; 2) Elección de los barrios; 3) Estudio de los lotes vacíos, el espacio público y el espacio colectivo; 4) Intervención en el espacio público; 5) Diseño de edificios.

### Paso 1. Determinación de la escala de intervención

Como se explicó anteriormente se considera al barrio como unidad básica de intervención debido a relaciones de proximidad y cotidianeidad, pero en un estricto sentido espacial. Estas relaciones se fijaron con base en la distancia caminable a pie y considerando velocidades alrededor de 4,7 km/h durante 5 minutos se obtuvieron trayectos de entre 300 a 400 metros. Contemplando estos rangos se estableció una estructura urbana de barrios pero que contemplara además la red vial preexistente, por lo que se propusieron como límites barriales a las vías perimetrales de mayor jerarquía. Dentro de este perímetro, se subordinó la movilidad en vehículo privado a favor del ciudadano a pie.

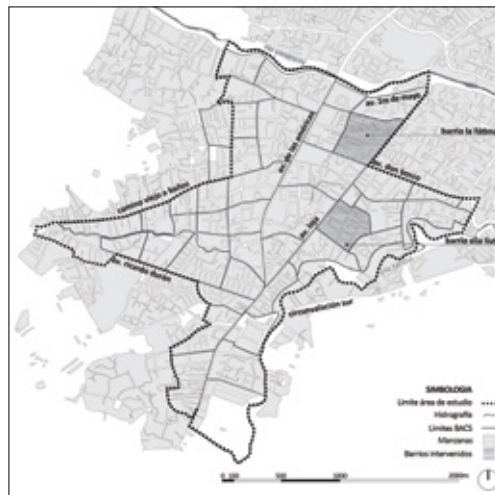
Para identificar esta estructura barrial en la zona de estudio se apeló a la sintaxis espacial, herramienta que relaciona la estructura espacial de la ciudad con distintos fenómenos urbanos vinculados a los patrones de movimiento. La sintaxis espacial representa al espacio vacío como una estructura continua basada en líneas rectas pues el ser humano tiende a desplazarse de esta manera, generando así un mapa axial (Hiller y Hanson, 1984: 17). Por otra parte estudios realizados en varias ciudades mediante 'análisis de integración' y 'de segmentos' o choice, han evidenciado una fuerte correlación entre el movimiento vehicular y el peatonal.

La aplicación de esta herramienta permitió diferenciar siete piezas urbanas configuradas por los de ejes viales principales: Avenida de Las Américas, Avenida Loja, Avenida Don Bosco, Avenida Ricardo Durán, Camino Viejo a Baños, Avenida Isabela Católica, Avenida Primero de Mayo y calle Luis Moscoso (Figura 2).

### Paso 2. Elección de los barrios

Tras la definición de las siete piezas urbanas y con base en el radio caminable propuesto (300m), se identificaron 41 posibles barrios de intervención, en los que se realizó un estudio del grado de consolidación y densificación. Esto permitió seleccionar dos barrios para su posterior análisis: el Barrio Elia Liut al oeste de la zona de estudio y el Barrio La Fátima ubicado al norte (Figura 3). Se eligió al

**Figura 3** Plano de los 41 barrios que podrían transformarse en BACS y barrios elegidos para la intervención



Fuente Hermida et al., 2015b

Barrio Elia Liut porque representa una zona con alto grado de consolidación, lo cual permitió abordar la posibilidad de densificación en este tipo de tejido. Por otra parte, se eligió al Barrio La Fátima por ser característico en toda la zona de estudio, o sea de aquellos barrios cuyo grado de consolidación es intermedio. Posteriormente se sometió a ambos barrios a una primera valoración de indicadores urbanos, utilizando la herramienta de medición y representación espacial para ciudades compactas y sustentables, desarrollado en el libro La Ciudad es Esto (Hermida et al., 2015c). Con lo que se comprobó que ambos cuentan con valores bastante inferiores a los rangos óptimos (Tabla 2).

### Paso 3. Estudio de los lotes vacíos, el espacio público y el espacio colectivo

Utilizando el plano de catastro se dibujaron los espacios vacío, público y colectivo. Al espacio vacío corresponde toda área no edificada, en este caso se diferencian dos tipos: de tenencia pública, cuya característica es la posibilidad de su uso sin restricciones para cualquier persona (Schlack, 2007, p. 26); y de propiedad privada. El espacio colectivo corresponde a la transición entre lo público y lo privado, es decir, aquel que aun siendo de propiedad privada es de libre acceso y en el que pueden darse acciones públicas. La condición ambigua del espacio colectivo, que permite la disolución

**Tabla 1** Espacio público, privado y colectivo en los barrios Elia Liut y La Fátima

| BARRIO    | ÁREA BARRIO | ÁREA CONSTRUIDA PB (%) | ÁREA ESPACIO VACÍO (%) | ÁREA ESPACIO PÚBLICO (%) | ÁREA ESPACIO COLECTIVO (%) |
|-----------|-------------|------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Elia Liut | 126.467,46  | 31,21%                 | 68,79%                 | 26,86%                   | 27,55%                     |
| La Fátima | 158.860,78  | 30,89%                 | 69,11%                 | 27,12%                   | 32,54%                     |

Fuente Elaboración propia

entre lo público y lo privado es particularmente trascendente en términos urbanos pues cualifica la vida cotidiana (Arteaga, 2010).

Definidos y dibujados estos espacios se calcula su área comprobando que existe un alto porcentaje de espacio vacío disponible, que en el Barrio Elia Liut alcanza el 68,79% y en el Barrio La Fátima el 69,11%. Por otra parte, el espacio público representa alrededor del 27% del espacio vacío, en ambos barrios, mientras el espacio colectivo supera al área de espacio público en menos del 1% en el Barrio Elia Liut y en alrededor del 5% en el Barrio La Fátima (Tabla 1). Estos valores evidencian el alto porcentaje de privatización del suelo vacío.

Por lo tanto, ambos barrios tienen espacio vacío suficiente para densificar y aplicar una serie de estrategias urbanas ligadas a los procesos de densificación, como la introducción de áreas verdes o la inclusión de redes para transporte alternativo. Además, la mínima variación en porcentaje entre el espacio público y el colectivo resalta la poca integración de lo privado a la vida pública, lo que obstaculiza el desarrollo de actividades colectivas o comunitarias. Por lo tanto, se puede afirmar que los dos barrios revelan ocupación ineficiente y poco organizada del suelo.

Paralelamente a este análisis, se identificaron aquellos lotes vacíos con posibilidades de intervención de manera individual o mediante procesos de unificación para obtener lotes mayores. Se incluyeron en esta selección, a más de los lotes sin uso reconocible, a aquellos de uso agrícola, con construcciones precarias o con espacios vacíos en centros de manzana mayores a 1000m<sup>2</sup>. Mapeados estos terrenos se establecieron seis categorías de lotes vacíos: 1) Lote individual regular; 2) Lote combinado regular; 3) Lote individual adyacente a parque de bolsillo; 4) Lote irregular de centro de manzana; 5) Lote no susceptible de intervención; 6) Lote para generación de área verde.

#### Paso 4. Intervención en el espacio público

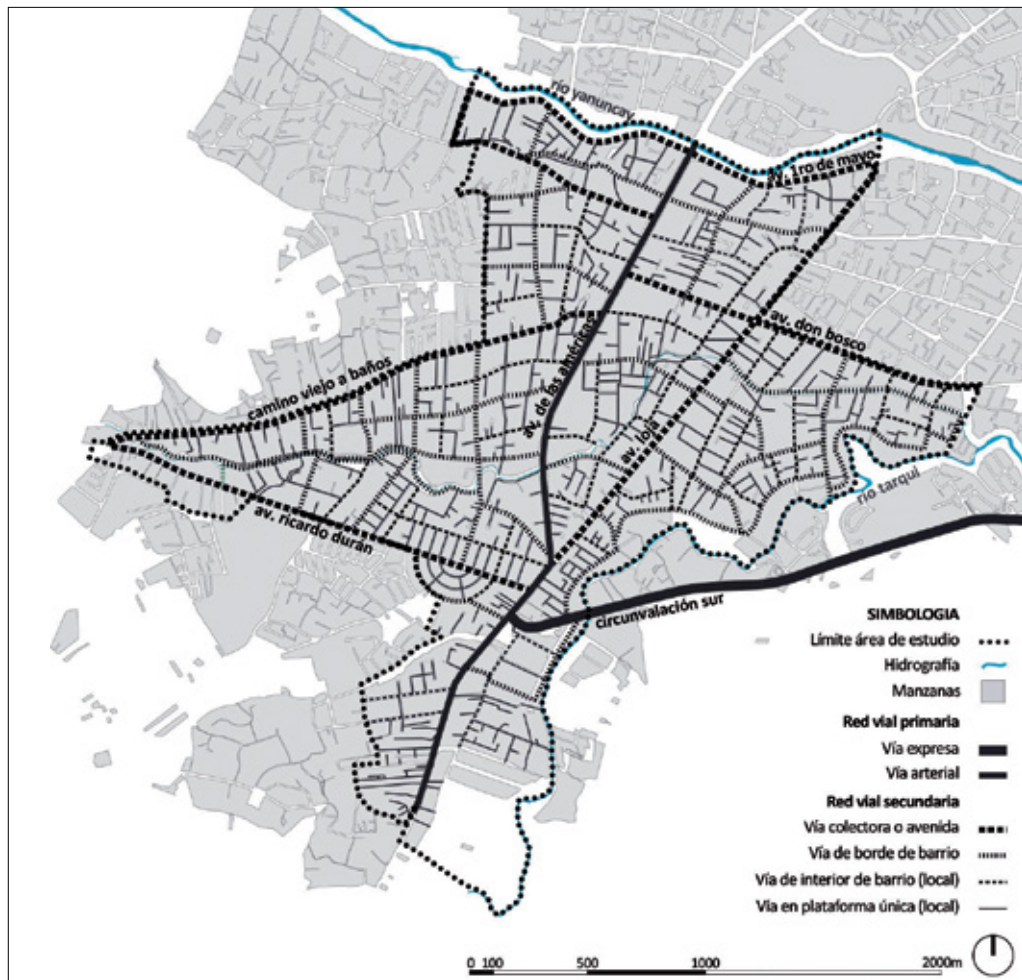
Teniendo como centro al ciudadano a pie y a las áreas verdes y los modos de transporte, se conformó una normativa general de intervención en el espacio público cuyos objetivos fueron: garantizar las condiciones óptimas para que el ciudadano a pie pueda desplazarse y realizar actividades de estancia en el espacio público; facilitar e incentivar el uso de transportes alternativos vinculando los requerimientos del ciudadano a pie y del ciclista con el tráfico motorizado; satisfacer la demanda de áreas verdes a nivel barrial y restaurar la biodiversidad afectada por los procesos de urbanización. Como medidas se propuso: a) la reorganización de la estructura y el reparto vial; b) la restauración de la biodiversidad y mejoramiento de las condiciones de habitabilidad del espacio público; y, c) la introducción de nuevas áreas verdes.

##### a. Reorganización de la estructura y el reparto vial

Se planteó una estructura vial en la que el uso del vehículo motorizado se restringe, permitiendo su circulación únicamente en las vías perimetrales de los barrios. Las vías internas se diseñaron para uso prioritario del ciudadano a pie (Figura 4). Por otra parte, se precisaron categorías viales con sus características respectivas: avenidas o vías colectoras, vías de borde de barrio, vías locales de interior de barrio, vías locales de preferencia peatonal.

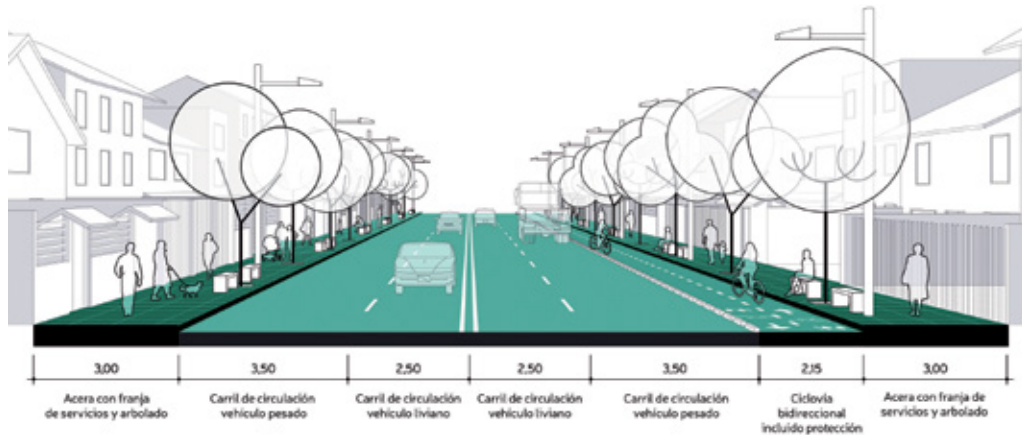
Con base en las categorías viales se diseñaron secciones tipo (Figura 5). Para la definición de los distintos elementos viales y sus dimensiones se elaboró una ponderación de los diferentes modos de transporte y su ocupación del espacio público. La reestructuración de las secciones viales se centró en el ciudadano a pie mediante la creación de aceras confortables, que provean seguridad,

Figura 4 Reorganización de la estructura y el reparto vial



Fuente Hermida et al., 2015b

Figura 5 Elementos viales tipo para la reorganización de la estructura y el reparto vial



Fuente Hermida et al., 2015b

verdor y facilidades para las actividades de estancia, mientras que para el vehículo motorizado se optó por vías unidireccionales.

### b. Restauración de la biodiversidad y mejoramiento de las condiciones de habitabilidad del espacio público

En este caso se determinó que el arbolado constituye el componente determinante para la biodiversidad urbana, por lo que se propuso una serie de recorridos peatonales con árboles. Estas calles, en conexión con espacios verdes, conformaron corredores de biodiversidad para múltiples especies de aves e insectos en constante desplazamiento. Por otra parte, el arbolado aporta en varios aspectos urbanos: en lo ambiental reduce el impacto de gases contaminantes, aporta al confort térmico en el espacio público y provee sombra a los transeúntes; en lo social posibilita la permanencia y usos de los lugares de estancia y aporta valor estético; en lo paisajístico ordena y crea escala; y en lo económico revaloriza las zonas donde se encuentra (Boston Transport Authority, 2013, p. 55-59). Es así que la propuesta plantea la introducción de arbolado en todas las vías donde el medio físico lo permita. Con este fin se definieron las dimensiones óptimas para cada caso.

### c. Introducción de nuevas áreas verdes

Estudios como los de Nilsson et al. (2011, citado en Nordh y Ostby, 2013), han demostrado que las áreas verdes constituyen un componente básico en la calidad de vida, ya que los parques urbanos promueven la salud pública ofreciendo experiencias de renovación psicológica, contacto social y actividad física. Sin embargo, la implementación de áreas verdes en la ciudad consolidada representa un problema en términos de gestión dada la falta de suelo vacante. Debido a esta circunstancia se vuelve imperativo buscar estrategias innovadoras. En este sentido se planteó la introducción de verde urbano a través de la generación de una nueva tipología de espacio verde denominada "parque de bolsillo" (Hermida et al., 2015b). El "parque de bolsillo" se define como un área verde barrial que cumple funciones complementarias a los parques de mayor escala, brinda a los habitantes de los BACS la posibilidad de relacionarse con la naturaleza, ofrece condiciones de descanso aportando al bienestar psicológico y contribuye a

la conservación de la biodiversidad urbana manteniendo la población de especies evitando su extinción localizada (Jasmani, 2013, p. 2-3).

Peschardt (2014, p. 65-73), Nordh y Østby (2013, p. 15-17) formulan las siguientes recomendaciones para incentivar el uso de los parques de bolsillo: dotar de vegetación y superficies blandas; proveer un ambiente calmado sin los disturbios ocasionados por el alto tráfico vehicular; brindar adecuada conformación espacial y diversas opciones de estancia que permitan a su vez el control visual y la percepción de seguridad.

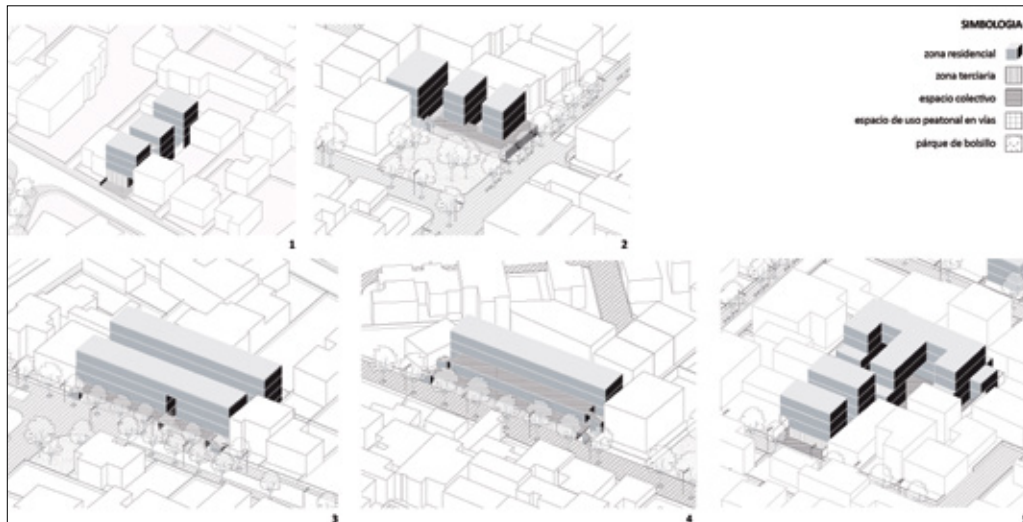
### Paso 5. Diseño de edificios

Se concluye la propuesta metodológica con el desarrollo de modelos de vivienda colectiva pensados para las categorías de lotes identificados, logrando así insertarse en el tejido urbano existente mejorando los valores de densidad e incrementando la superficie y la calidad del espacio colectivo. Solá Morales (1992, p. 4-5) sugiere que este tipo de intervenciones deben integrar las edificaciones a la vida urbana y dotarles de carácter público, transformándolas así en patrimonio colectivo

Los modelos de vivienda tienen como finalidad definir condiciones espaciales a nivel colectivo por lo que se elaboró una propuesta de normativa, cuyo objetivo consistió en definir elementos programáticos a nivel de organización general. Estos elementos no determinaban especificidades funcionales y se centraron en programar el espacio vacío para potenciar la interacción y los encuentros, y crear nuevas relaciones entre los residentes (Scheerlinck, 2012, p. 77). Para esto se fijaron varios niveles de espacio compartido. Se propusieron dos tipos de elementos programáticos: el bloque habitable, con una zona residencial y otra para actividades terciarias; y el vacío, con distintas categorías de patio (privado, colectivo o barrial) y de conexiones (camino en planta baja, camino elevado, escalera colectiva).

Las zonas residenciales se definieron como los espacios construidos que conforman las unidades de vivienda, que pueden o no tener comercio o servicios. En este caso las determinantes generales están relacionadas a las condiciones básicas de habitabilidad, es decir adecuada iluminación

**Figura 6** 1) y 2) Edificio estrecho, 3) y 4) Edificio continuo, 5) Edificio poroso



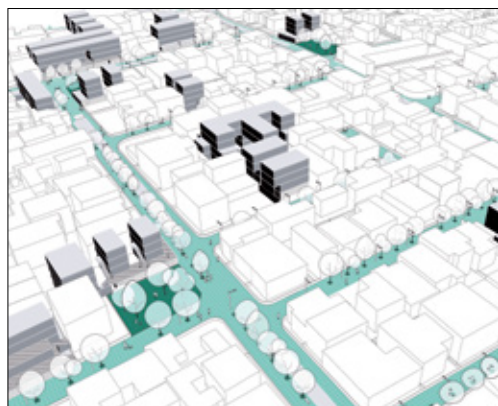
**Fuente** Elaboración propia

natural y ventilación cruzada. Para establecer las determinantes relacionadas al vacío, fue necesario definir el volumen máximo de construcción que garantice las condiciones básicas de habitabilidad. Lo que permitió determinar las dimensiones mínimas de los espacios vacíos, posteriormente se plantearon jerarquías, organizaciones, conexiones y secuencias de espacios colectivos.

En lo que respecta a las conexiones se las concibió como el sistema que articula el bloque habitable con el vacío. Bajo esta premisa se propuso una red de espacios colectivos conformada por distintos tipos de circulaciones, con la intención de conseguir diferentes niveles de relación entre la vida pública y la privada. Por otra parte se estableció que todas las actividades exteriores que no requieren privacidad podrán observarse desde las unidades habitacionales, evitando además la conformación de núcleos cerrados de circulación vertical y horizontal.

Finalmente, se determinaron tres tipos de edificios en función de la categorización de lotes: edificio estrecho, para lotes individuales regulares e individuales adyacentes a parques de bolsillo; edificio continuo, para lotes combinados regulares; y, edificio poroso, para lotes irregulares de centros de manzanas (Figura 6).

**Figura 7** Fisonomía de un BACS



**Fuente** Hermida et al., 2015b

Los cinco pasos revisados presentan una guía de actuación en dos ejes: el espacio público y el privado. El objetivo es aportar en la construcción de barrios compactos sustentables sobre tejido consolidado, mediante una propuesta a escala urbana pero que considere la intervención a nivel de lote (Figura 7).

### Sustentabilidad urbana

Para verificar la efectividad de la propuesta desarrollada, se evaluaron los barrios elegidos, Eliat Liut y La Fátima, antes y después de convertirse en

**Tabla 2** Comparación de los indicadores de sustentabilidad antes y después de la implementación de los BACS

| INDICADOR  | VALOR ÓPTIMO | % CELDAS CON VALOR ÓPTIMO |                |                  |                |
|--|--------------|---------------------------|----------------|------------------|----------------|
|  |              | BARRIO ELIAT LIUT         |                | BARRIO LA FÁTIMA |                |
|  |              | ESTADO ACTUAL             | PROPUESTA BACS | ESTADO ACTUAL    | PROPUESTA BACS |
| Densidad Urbana de Viviendas                       | >40viv/ha    | 25%                       | 75%            | 33,3%            | 100%           |
| Complejidad Urbana                                 | >4           | 25%                       | 100%           | 33,3%            | 100%           |
| Reparto del Viario Público Peatonal                | >75%         | 0%                        | 25%            | 0%               | 100%           |
| Proximidad a Redes de Transporte Alternativo       | 99-100%      | 0%                        | 75%            | 0%               | 75%            |
| Superficie Verde por Habitante                     | >15m2/hab    | 0%                        | 100%           | 0%               | 75%            |
| Volumen de Verde en el Espacio Público             | >30%         | 0%                        | 100%           | 0%               | 75%            |
| Proximidad Simultánea a Tres Tipos de Áreas Verdes | 99-100%      | 0%                        | 100%           | 0%               | 100%           |
| Porcentaje de Viviendas con Carencias              | 40%          | 0%                        | 100%           | 0%               | 100%           |
| Segregación Espacial                               | 0,76-1,25    | 25%                       | 100%           | 0%               | 100%           |

**Fuente** Hermida et al., 2015b

Barrios Compactos Sustentables (BACS) (Tabla 2). Esta calificación consistió en la medición de 9 indicadores de sustentabilidad urbana que más tarde conformaron un índice sintético, Índice de Densificación Urbana Sustentable (Hermida et al., 2015c)

Se propuso un incremento de 242 viviendas en el Barrio Eliat Liut y 608 viviendas en el barrio La Fátima, por lo que la densidad subió a 40 viv/ha. Se mejoró la diversidad de usos del suelo pues se proyectaron 33 comercios en el Barrio Eliat Liut y 36 en el barrio La Fátima. El porcentaje de viario peatonal aumentó significativamente debido a la propuesta de vías interiores con circulación vehicular restringida y los valores con respecto a la proximidad a redes de transporte alternativo también mejoraron gracias a la incorporación de ciclovías y senderos peatonales, además se incluyó el tranvía que actualmente se encuentra en construcción y atraviesa la zona de estudio.

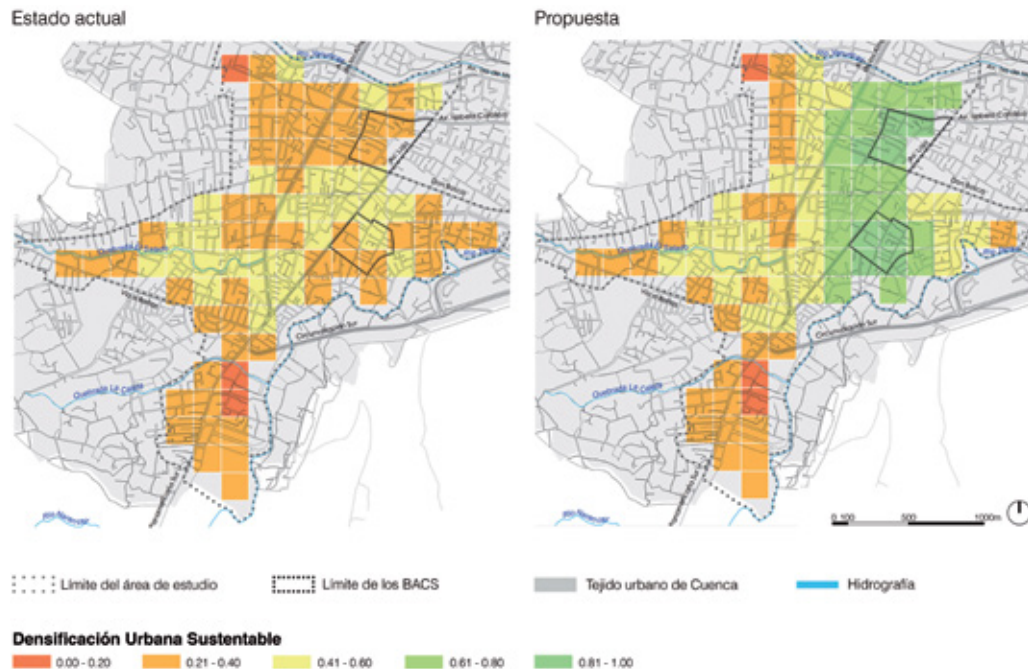
La construcción de tres parques de bolsillo modificó considerablemente el indicador de superficie verde, superando el valor óptimo de 15 m<sup>2</sup> por habitante. Este aumento incidió en el volumen de verde que también mejoró con la siembra de 189 árboles en Elia Liut y 337 en La Fátima, brindando bienestar al ciudadano a pie y regenerando la biodiversidad urbana. Igualmente, el indicador de proximidad simultánea a tres tipos de áreas verdes presenta un cambio significativo.

Al mejorar las condiciones de habitabilidad de las edificaciones se logró disminuir el porcentaje de viviendas con carencias. Por otra parte, todas las unidades habitacionales que se plantearon son de interés social y están dirigidas a hogares con menores recursos económicos, ayudando a mejorar significativamente el índice de segregación espacial. Tras comparar los valores calculados se demostró que al seguir la metodología antes descrita, los barrios mejoraron significativamente su calificación, logrando convertirse en Barrios Compactos Sustentables (BACS).

En la Figura 8 se puede observar la representación espacial del Índice de Densificación Urbana Sustentable mediante una malla ortogonal de 200x200m, en esta resulta evidente que los valores alrededor de las áreas intervenidas son sustancialmente mejores que los del resto del territorio.

La implementación de los BACS muestra un cambio drástico y una mejora significativa en términos de sustentabilidad, que puede verificarse con la aplicación de los indicadores urbanos y el Índice de Densificación Urbana Sustentable. Sin embargo, la incidencia de esta propuesta a escala de ciudad requiere políticas públicas adecuadas que incentiven este tipo de intervenciones. Por lo tanto, resulta indispensable que a lo largo de este proceso los gobiernos locales se involucren.

**Figura 8** Índice de Densificación Sustentable aplicado a los BACS



Fuente Hermida et al., 2015b

Resulta ingenuo pensar que la misma política se podría implementar en todos los barrios de todas las ciudades del Ecuador. No obstante, la metodología propuesta sí intenta ser replicable a nivel nacional, con ligeras adaptaciones que permitan su adaptación a la realidad concreta de cada lugar. El reto de esta propuesta reside en demostrar que con intervenciones relativamente sencillas y que no requieren grandes sumas de dinero, se pueden desencadenar cambios decisivos para la ciudad en términos de sustentabilidad. Cambios que, basados en el aumento de la densidad, mejoren las condiciones del resto de componentes de la vida urbana. Por otra parte, esta investigación también ha permitido demostrar la utilidad del Índice de Densificación Urbana Sustentable, así como la importancia de emplear conceptos referidos a la calidad de vida urbana y a la sustentabilidad en los proyectos urbanos y arquitectónicos en todas las escalas.

## Referencias

ARBURY, J. **From urban sprawl to compact city: an analysis of urban growth management in Au-**

**ckland.** [En línea]. TransportBlog. 2005. Disponible en: <<http://transportblog.co.nz/wp-content/uploads/2009/06/thesis.pdf>>. Acceso en: 15 mayo 2015.

ARTEAGA, I. **Construir ciudad en territorios urbanizados transformaciones en la primera periferia.** 2010. Tesis (Doctorales en Red) - Departament d'Urbanisme i Ordenació del Territori, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España, 2010. Disponible en: <<http://www.tdx.cat/handle/10803/6971>>. Acceso en: 1 mayo 2015.

BARNÓ, S. Células Urbanas. **La Ciudad Viva.** 1 febrero 2011. Disponible en: <<http://www.laciudadviva.org/blogs/?p=8857>>. Acceso en: 18 mayo 2015.

BOSTON TRANSPORTATION DEPARTMENT. **Boston Complete Streets Design Guidelines.** Disponible en: <<http://bostoncompletestreets.org/>>. Acceso en: 29 jan. 2015.

BOSTON COMPLETE STREETS. 2013. Disponible en: <[http://bostoncompletestreets.org/pdf/2013/BCS\\_Guidelines.pdf](http://bostoncompletestreets.org/pdf/2013/BCS_Guidelines.pdf)>. Acceso en: 18 abr. 2015.

HERMIDA, A.; HERMIDA, C.; CABRERA, N.; CALLE,



C. La densidad urbana como variable de análisis de la ciudad: El caso de Cuenca-Ecuador. **EURE**, v. 41, n. 124, p.25-44, 2015a.

HERMIDA, A.; CALLE, C.; CABRERA, N. **La Ciudad Empieza Aquí. Metodología para la construcción de Barrios Compactos Sustentables (BACS) en Cuenca.** Cuenca: Universidad de Cuenca, 2015b. 160p.

HERMIDA, A.; ORELLANA, D.; CABRERA, N.; OSORIO, P.; CALLE, C. **La Ciudad es Esto:** Medición y representación espacial para ciudades compactas y sustentables. Cuenca: Universidad de Cuenca, 2015c. 141p.

HILLIER, B.; HANSON, J. **The Social Logic of Space.** Cambridge. Cambridge Press, 1984.

HOWLYE, P.; SCOTT, M.; REDMOND, D. Sustainability versus liveability: an investigation of neighbourhood satisfaction. **Journal of environmental planning and management**, v. 52, n. 6, p. 847-864, 2009.

JABAREEN, Y. Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models and Concepts. **Journal of Planning Education and Research**, v. 26, p. 38-52, 2006.

JASMANI, Z. **Small urban parks and resilience theory: how to link human patterns and ecological functions for urban sustainability.** For Urban Ecology as Science, Culture and Power course. KTH Estocolmo. 2013. Disponible en: <[https://www.academia.edu/9263609/Linking\\_Resilience\\_Theory\\_with\\_Urban\\_Green\\_Space](https://www.academia.edu/9263609/Linking_Resilience_Theory_with_Urban_Green_Space)>. Acceso en: 15 abr. 2015.

MELIA, S.; PARKHURST, G.; BARTON, H. The paradox of intensification. **Transport Policy**, v. 18, n. 1, p. 46-52, jan. 2011.

NILSSON, K.; SANGSTER, M.; GALLIS, C.; HARTIG, T.; DE VRIES, S.; SEELAND, K.; SCHIPPERIJN, J. **Fo-rests, Trees and Human Health.** Dordrecht: Springer Science, Business Media B.V, 2011. 427 p.

NORDH, H.; ØSTBY, K. Pocket parks for people: A study of park design and use. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 12, p. 12-17, 2013.

PESCHARDT, K. **Health Promoting Pocket Parks in a Landscape Architectural Perspective.** Frederiksberg: Department of Geosciences and Natural Resource Management, 2014. 172 p.

SCHEERLINCK, K. **Williamsburg New York Stre-**

**etscape Territories Notebook.** Gent/Brussels: Sint-Lucas School of Architecture, 2012. 96 p.

SCHLACK, E. Espacio público. **ARQ**, Santiago, v. 65, p. 25-27, abr. 2007.

SOLÁ MORALES, M. Un nuevo reto: urbanizar lo privado: Espacios públicos y espacios colectivos. **La Vanguardia**. 12 mayo 1992. Disponible en: <<http://hemeroteca.lavanguardia.com/preview/1992/05/12/pagina-4/33520483/pdf.html?search=solá%20morales%20urbanizar%20lo%20privado>>. Acceso en: 18 mayo 2015.

PARTE 2

# QUESTÕES DO EDIFÍCIO



# Metodologia portuguesa de avaliação de sustentabilidade de edifícios de serviços e de turismo SBTool PT-S e SBTool PT-T

---

UNIVERSIDADE DO MINHO – PORTUGAL

Luís Bragança

Catarina Araújo

José Amarílio Barbosa

Erika Guimarães

## Introdução

A sustentabilidade na construção surge com a necessidade de estabelecer princípios de racionalização de recursos, gestão territorial e integração dos espaços urbanos, minimizando os impactes negativos que a construção e a utilização de edifícios provocam, em todo o seu ciclo de vida. O sector da construção é considerado como um dos que mais contribui para os problemas ambientais da atualidade. É responsável por 30 a 40% do consumo energético, 44% do consumo de materiais (ERLANDSSON; BORG, 2003), sendo identificado como um dos principais contribuidores para as emissões de gases de efeito estufa (LI, 2006).

O elevado impacte dos edifícios tem também uma vertente social muito importante relacionada com o facto de as pessoas passarem cerca de 90% do seu tempo no interior dos edifícios (EPA, 2015; EU, 2015). Este aspeto não só acentua os elevados consumos (de energia, de materiais, de água, etc.) relacionados com a ocupação dos edifícios como também atribui uma importância muito maior ao conforto e ao bem-estar.

Por outro lado, o sector da construção possui também um impacte económico significativo (BRAGANÇA; MATEUS, 2011). Alterações neste sector podem provocar flutuações significativas em indicadores macroeconómicos, tais como o PIB (Produto Interno Bruto), devido às suas elevadas taxas de investimento e à sua contribuição para o emprego e crescimento dos países (ORTIZ *et al.*, 2009).

Por estes motivos, o sector da construção foi identificado como um dos principais alvos para a implementação de práticas sustentáveis surgindo desta forma uma nova forma de projetar, construir e utilizar edifícios denominada por construção sustentável. Este conceito caracteriza-se assim pela adoção de princípios sustentáveis nas diversas fases de desenvolvimento dos edifícios através de um adequado equilíbrio entre os impactes ambientais, sociais e económicos. Isto é, um edifício sustentável deve minimizar os seus impactes ambientais, proporcionar o máximo conforto possível e não acarretar custos elevados em comparação com os restantes edifícios existentes no mercado.

No sentido de minimizar os elevados impactes ambientais dos edifícios e de promover a sustentabilidade neste setor, têm sido desenvolvidas ao longo dos últimos anos diversas metodologias de avaliação da sustentabilidade de edifícios. Estas metodologias focam-se maioritariamente em edifícios habitacionais. Contudo, outras tipologias de edifícios, tais como edifícios de serviços e edifícios turísticos, possuem também elevados impactes associados. Neste sentido, neste capítulo serão apresentadas duas metodologias de avaliação da sustentabilidade cujo âmbito de aplicação são os edifícios de serviços e de turismo.

## Estado da Arte

Os edifícios de serviços são geralmente espaços com elevada concentração de cargas térmicas, não só porque concentram neles um conjunto de pessoas, que só por si aquecem o ambiente, como os próprios equipamentos como computadores, fotocopiadoras ou impressoras contribuem para este facto. Estes fatores fazem com que este tipo de edifícios seja particularmente intensivo no consumo de energia, razão pela qual a maioria dos programas e atividades existentes dedicados a estes edifícios sejam focados nesta matéria. Estima-se que cerca de 26% do consumo energético final da Europa seja consumido em edifícios residenciais e que cerca de 13% se destine a edifícios de serviços (EU, 2009). O setor terciário (edifícios de serviços e agricultura) é um dos que mais tem aumentado o consumo energético, sendo expectável que venha a consumir mais 26% em 2030 do que em 2005 (comparativamente o mesmo índice de crescimento para os edifícios residenciais é de 12%) (EU, 2008).

De facto, o número de edifícios de serviços em Portugal não é substancial, quando comparado com a quantidade de edifícios residenciais (INE; LNEC, 2013). Contudo, a necessidade de investimento em práticas sustentáveis por parte deste setor verifica-se pelo facto de estes serem responsáveis pelo consumo de grande quantidade de recursos na fase de operação. Por outro lado, são espaços onde os seus ocupantes permanecem durante longos períodos de tempo, pelo que devem proporcionar altos níveis de conforto, qualidade e saúde, o que contribui para um bom desempenho dos ocupantes.

A atividade turística tem sofrido um crescimento e evolução bastante significativos, porém a atenção tem sido focada em aspetos económicos descurando as implicações negativas geradas sobre o meio ambiente (MACHADO, 2009). Estes problemas agravam-se pelo facto de o sector do turismo constituir atualmente uma das maiores indústrias mundiais e se encontrar em crescimento sendo espectável que a sua dimensão aumente para o dobro ao longo da próxima década. O turismo internacional é muitas vezes considerado a maior indústria do mundo, com cerca de um bilhão de turistas, representando 5% do PIB mundial e um em cada doze postos de trabalho em todo o mundo (WTO, 2012). Desta forma, é de extrema importância a promoção da sustentabilidade no setor dos edifícios de turismo para que sejam minimizados os impactes negativos destes no meio ambiente. Contudo, ao longo dos últimos anos, a atividade turística tem sido alvo de um grande debate, por parte da comunidade científica e dos intervenientes no setor, relativamente à necessidade de a direcionar para um desenvolvimento sustentável (DEERY *et al.*, 2012).

No sentido de minimizar os impactes dos edifícios de serviços e dos edifícios de turismo, têm sido desenvolvidas diversas metodologias de avaliação da sustentabilidade que permitem avaliar e promover práticas construtivas sustentáveis. Exemplos destas são as metodologias LEED (USGBC, 2015), BREEAM (2015), CASBEE (2015), HQE (2013) ou SBTool (iiSBE, 2015). Segundo Ding (2008), estes sistemas têm permitido estabelecer práticas de referência no âmbito da construção sustentável e têm contribuído significativamente para a implementação do desenvolvimento sustentável no sector da construção. Por um lado, estes métodos permitem medir e monitorizar o desempenho dos edifícios e, por outro, alertam para a importância da adoção de práticas sustentáveis.

Entre os sistemas anteriormente referidos, destaca-se a metodologia SBTool (*Sustainable Building Tool*) que é um sistema internacional, voluntário, de avaliação e reconhecimento da sustentabilidade de edifícios, que foi desenvolvido pela *International Initiative for a-sustainable Built Environment* (iiSBE). O sistema resulta da colaboração, em consórcio, de equipas de mais de 20 países. A

metodologia SBTool permite avaliar a sustentabilidade de um edifício ao longo das diversas fases do seu ciclo de vida, designadamente as fases de projeto, construção e operação/manutenção. A diversidade dos elementos considerados transforma este sistema no mais completo e rigoroso, disponível no mercado internacional. Adicionalmente, esta ferramenta não foi desenvolvida para utilização direta mas sim para possibilitar a sua adaptação a diferentes contextos nacionais. A título de exemplo, esta metodologia já foi adaptada ao contexto de vários países como Portugal, Espanha, Itália, República Checa, entre outros.

Dada a importância e a popularidade adquirida pelas práticas de construção sustentável e pelas metodologias de avaliação da sustentabilidade, os dois principais organismos de normalização europeus, o Comité Europeu de Normalização (CEN) e a Organização Internacional de Normalização (ISO) têm desenvolvido trabalho com o objetivo de regular e uniformizar a avaliação da construção sustentável (MATEUS; BRAGANÇA, 2011; ALYAMI; REZGUI, 2012).

O comité da ISO responsável pelo desenvolvimento de normalização relativa à construção sustentável é o Comité Técnico 59 "*Buildings and civil engineering Works*" e o seu Subcomité 17 "*Sustainability in buildings and civil engineering works*". O ISO TC59 SC 17 tem desenvolvido trabalho com o objetivo de definir requisitos normativos relativos à avaliação ambiental de edifícios (HAAPIO; VIITANIEMI, 2008). No que respeita ao Comité Europeu de Normalização (CEN), o seu comité técnico CEN/TC350 "*Sustainability of construction work*" tem também desenvolvido normalização relativa aos aspetos da avaliação da construção sustentável de edifícios novos e existentes e às declarações ambientais de produtos de construção (HAAPIO; VIITANIEMI, 2008).

Em Portugal, uma equipa de investigação constituída por elementos da Universidade do Minho, da empresa EcoChoice e da Associação iiSBE Portugal, desenvolveu um sistema de avaliação da sustentabilidade denominado SBTool PT-H (MATEUS; BRAGANÇA, 2011). Esta metodologia tem por base o sistema internacional SBTool estando adaptada ao contexto sociocultural português. Este sistema foi desenvolvido tendo em consideração os trabalhos que têm sido desenvolvidos pelo CEN/TC350.

A metodologia SBToolPT-H desenvolvida para os edifícios habitacionais baseia-se no cálculo do nível de desempenho normalizado do edifício numa série de indicadores, através da comparação com práticas de referência nacionais. A partir desse nível de desempenho normalizado do edifício ao nível de cada indicador determina-se, através de um sistema de pesos, o desempenho do edifício ao nível das várias categorias, dimensões e, por fim, o desempenho final.

No seguimento deste trabalho e tendo por base esta metodologia inicial a mesma equipa desenvolveu posteriormente duas metodologias de avaliação da sustentabilidade de edifícios de turismo e de serviços, no âmbito do projeto SBTool-PT-STP (Adi-QREN, Ref. 11516). Neste capítulo serão apresentadas as metodologias de avaliação da sustentabilidade SBTool PT aplicáveis a edifícios de serviços e de turismo.

### Descrição das metodologias de avaliação da sustentabilidade de edifícios de serviços e turismo

#### Enquadramento geral e objetivos

As metodologias de avaliação da sustentabilidade de edifícios de serviços e de turismo aqui apresentadas têm como objetivo apoiar as equipas de projeto desde as etapas mais preliminares de conceção de edifícios de serviços e de turismo, no sentido de as consciencializar para a adoção de soluções que conduzam ao desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis.

As metodologias foram desenvolvidas de forma poderem ser aplicadas durante as fases de projeto, construção ou utilização. No caso da última, a avaliação é efetuada tendo por base a monitorização do seu comportamento real. Contudo, é vantajoso serem implementadas durante a fase de projeto, pois ao permitem sensibilizar e dotar a equipa de projeto com conhecimento sobre boas práticas no âmbito da sustentabilidade, permitindo a introdução de medidas que permitam melhorar o seu desempenho (BRAGANÇA *et al.*, 2014). A avaliação efetuada na fase de projeto terá por base o comportamento previsto para totalidade do ciclo de vida do edifício. Os resultados das avaliações são dados importantes no suporte das tomadas de decisão, pois desta forma

as equipas de projeto terão acesso, desde o início ao desempenho esperado para o edifício a construir, podendo dessa forma avaliar o impacto de certas soluções alternativas.

As metodologias são orientadas para a escala do edifício, sendo que o seu âmbito de aplicação inclui o edifício e o logradouro ou área exterior do edifício pertencente ao mesmo terreno ou lote de construção. São objeto de avaliação das metodologias todos os aspetos que contribuem para a sustentabilidade do edifício e que podem ser alterados por opções da equipa de projeto e do dono de obra. As metodologias foram desenvolvidas de forma a poderem avaliar edifícios existentes, novos e reabilitados, estando adaptadas ao contexto português, no que respeita aos contextos ambiental, social e económico.

#### Estrutura

O desenvolvimento das ferramentas apresentadas neste capítulo teve por base a metodologia de avaliação da sustentabilidade SBTool PT-H. Por este motivo, a primeira fase de desenvolvimento das mesmas passou pela análise dos indicadores que constam da avaliação desta ferramenta no sentido de analisar a sua importância relativamente às tipologias de edifícios em análise. Com esta análise pretendeu-se avaliar a importância da inclusão de cada indicador presente na metodologia SBTool PT-H e o seu impacto associado.

Posteriormente foram analisados trabalhos anteriores (MACHADO, 2009; BARBOSA, 2010; MACHADO *et al.*, 2010, BARBOSA *et al.*, 2013) para determinar a necessidade de se incluírem outros indicadores na avaliação que não estavam incluídos na metodologia SBTool PT-H. Para tal, foram ainda analisados indicadores usualmente englobados noutras metodologias internacionais mas que não são contemplados pela metodologia SBTool PT-H. A inclusão de um determinado indicador foi avaliada em função da importância dos impactos avaliados neste, o número de metodologias internacionais que o incluem na estrutura de avaliação e a sua adequação ao contexto português e às tipologias de edifícios de serviços e turismo. As metodologias internacionais analisadas foram: SBTool, BREEAM for New Construction 2011, LEED for New Construction 2009, LEED

for Existing Buildings 2009, CASBEE for New Construction 2008, NABERS, HQE, DGNB, ITACA Services, SBTool CZ e VERDE.

Após este estudo foi possível identificar 25 indicadores para o caso dos edifícios de serviços e 26 para o caso dos edifícios de turismo, que se considerou serem suficientes para quantificar o nível de sustentabilidade e para a promoção de práticas de sustentabilidade ao nível dos principais impactes produzidos por estes edifícios. Estes indicadores encontram-se agregados em dez categorias e três dimensões da sustentabilidade.

A distribuição dos indicadores por cada categoria foi efetuada tendo em consideração o objetivo principal da sua avaliação e utilizando uma abordagem *top down* (LÜTZKENDORF *et al.*, 2012).

Tal como pode ser observado na tabela 1, ambas as metodologias incluem uma categoria extra. Nesta categoria foram incluídos aspetos relativos à sustentabilidade do local do edifício e que embora contribuam para a sustentabilidade global do edifício não podem ser alterados por opções tomadas pelo dono de obra ou pela equipa de projeto. É caso do acesso a transportes públicas ou da proximidade a amenidades. Exatamente por possuírem esta particularidade (não podem ser facilmente alterados) estes aspetos não são contabilizados para o cálculo do nível sustentabilidade global do edifício. Contudo, a classificação do edifício ao nível desta categoria é apresentada no final da avaliação e no certificado de sustentabilidade do edifício.

Tendo em conta que os edifícios de serviços e de turismo apresentam muitas similaridades, os indicadores incluídos bem como a estrutura das metodologias de avaliação da sustentabilidade são muito semelhantes. Na tabela 1 são apresentadas as estruturas das metodologias de avaliação da sustentabilidade de edifícios de Serviços e Turismo, bem como o respetivo sistema de pesos.

Na tabela 1 apresenta-se o peso relativo de cada dimensão, categoria e indicador de sustentabilidade desenvolvidos para as metodologias de avaliação de sustentabilidade de edifícios de serviços e de turismo. Nesta tabela verifica-se que a estrutura de ambas as metodologias difere essencialmente no que respeita aos indicadores:

- "I22 – Amenidades interiores": incluído na metodologia de avaliação de edifícios turísticos mas não incluído na metodologia de avaliação de edifícios de serviços.
- "I25 – Acessibilidade a amenidades": incluído na metodologia de avaliação de edifícios de serviços mas não incluído na metodologia de avaliação de edifícios de turismo.

A localização dos edifícios de turismo é pensada de acordo com o tipo de turismo oferecido por esse edifício. Por este motivo considera-se que não é relevante avaliar nesta metodologia o tipo de amenidades oferecidas. Considera-se mais importante avaliar o tipo de amenidades interiores oferecidas aos hóspedes numa perspetiva do conforto interior oferecido pelo edifício.

#### Descrição e objetivos de indicadores de avaliação de sustentabilidade

As metodologias de avaliação da sustentabilidade de edifícios de serviços e de turismo possuem 25 e 26 indicadores, respetivamente, que se distribuem por 10 categorias e 3 indicadores (UNIVERSIDADE DO MINHO; ECOCHOICE, 2013). Uma categoria sumariza o desempenho do edifício ao nível de um aspeto chave da sustentabilidade e agrupa um conjunto de indicadores relacionados com o tema. As metodologias de avaliação da sustentabilidade de edifícios de serviços e turismo possuem 9 categorias principais (C1 - Alterações Climáticas e qualidade do ar exterior; C2 - Biodiversidade e Uso do solo; C3 – Energia; C4 - Materiais, resíduos sólidos e gestão de recursos; C5 – Água; C6 - Conforto e saúde dos utilizadores; C7 – Acessibilidade; C8 – Segurança; C9 - Custos de ciclo de vida) e uma categoria extra (Sustentabilidade do local). O objetivo de cada indicador é sucintamente apresentado nos pontos que se seguem.

#### Dimensão Ambiental

Categoria 1 - Alterações climáticas e qualidade do ar exterior

A categoria 1 incorpora a análise de dois indicadores da sustentabilidade, através dos quais se avalia a forma como os impactes dos edifícios contribuem para as alterações climáticas e para a qualidade do ar exterior. O primeiro indicador de-

Tabela 1 Estrutura de avaliação e sistema de pesos das metodologias de avaliação da sustentabilidade de edifícios de turismo e de serviços

| DIMENSÃO                                 | PESO | CATEGORIA   | PESO | INDICADOR   | PESO (S) | PESO (T) |
|--|------|---|------|---|----------|----------|
| Ambiental                                | 40%  | C1 - Alterações Climáticas e qualidade do ar exterior | 18%  | I1 - Impactes ambientais de ciclo de vida                   | 60%      | 60%      |
|  |      |   |      | I2 - Efeito ilha de calor                                   | 40%      | 40%      |
|  |      | C2 - Biodiversidade e Uso do solo                     | 24%  | I3 - Eficiência de uso do solo                              | 44%      | 44%      |
|  |      |   |      | I4 - Localização Sustentável                                | 30%      | 30%      |
|  |      |   |      | I5 - Proteção da biodiversidade local em fase de construção | 15%      | 15%      |
|  |      |   |      | I6 - Produto de base orgânica certificados                  | 11%      | 11%      |
|  |      |   |      | I7 - Consumo de energia                                     | 43%      | 43%      |
|  |      | C3 - Energia  | 25%  | I8 - Energias renováveis                                    | 29%      | 29%      |
|  |      |   |      | I9 - Gestão de sistemas mecânicos                           | 29%      | 29%      |
|  |      |   |      | I10 - Materiais reutilizados                                | 19%      | 19%      |
|  |      | C4 - Materiais, resíduos sólidos e gestão de recursos | 18%  | I11 - Materiais com conteúdo reciclado                      | 38%      | 38%      |
|  |      |   |      | I12 - Resíduos Sólidos de Construção e Demolição            | 10%      | 10%      |
|  |      |   |      | I13 - Gestão Ambiental                                      | 19%      | 19%      |
|  |      |   |      | I14 - Flexibilidade e Adaptabilidade                        | 14%      | 14%      |
|  |      |   |      | I15 - Consumo de água                                       | 44%      | 44%      |
|  |      | C5 - Água   | 16%  | I16 - Reciclagem e reutilização de água                     | 44%      | 44%      |
|  |      |   |      | I17 - Sistema de Gestão de Águas Pluviais                   | 11%      | 11%      |
| Social                                   | 30%  | C6 - Conforto e saúde dos utilizadores                | 80%  | I18 - Qualidade do ar interior                              | 24%      | 20%      |
|  |      |   |      | I19 - Conforto térmico                                      | 32%      | 27%      |
|  |      |   |      | I20 - Conforto lumínico                                     | 25%      | 21%      |
|  |      |   |      | I21 - Conforto acústico                                     | 19%      | 16%      |
|  |      |   |      | I22 (T) – Amenidades Interiores                             | -        | 15%      |
|  |      | C7 - Acessibilidade                                   | 10%  | I22 (S) / I23 (T) – Plano de mobilidade                     | 100%     | 100%     |
|  |      | C8 - Segurança  | 10%  | I23 (S) / I24 (T) - Segurança dos ocupantes                 | 100%     | 100%     |
| Económica                                | 30%  | C9 - Custos de ciclo de vida                          | 100% | I24 (S) / I25 (T) – Custos de ciclo de vida                 | 100%     | 100%     |
| <b>EXTRA - SUSTENTABILIDADE DO LOCAL</b> |      |   |      |   |          |          |
| Sustentabilidade do local                |      |   | 0%   | I24 (S) / I26 (T) – Acessibilidade a transportes públicos   | 50%      | 100%     |
|  |      |   |      | I25 (S) – Acessibilidade a amenidades                       | 50%      | 0%       |

Fonte Universidade do Minho; EcoChoice, 2013

signa-se “I1: Impactes ambientais de ciclo de vida” e tem como objetivo promover a utilização de materiais e soluções construtivas que apresentem baixo impacto ambiental ao longo do seu ciclo de vida. Neste indicador é efetuada uma análise LCA (*Life Cycle Assessment*) aos materiais de construção utilizados no edifício de forma a quantificar o impacto ambiental nível das seguintes categorias de impacto ambiental: Potencial de aquecimen-

to global (GWP); Destrução da camada de ozono (ODP); Potencial de acidificação (AP); Potencial de oxidação fotoquímica (POCP); e Potencial de eutrofização (EP). Adicionalmente é ainda contabilizada a energia renovável e não renovável incorporada nos materiais de construção.

A categoria 1 inclui ainda a análise do indicador “I2 - Efeito ilha de calor” cujo objetivo passa pela



diminuição do efeito ilha de calor nas zonas urbanas, através da utilização de materiais de elevada reflectância ou de zonas verdes nos espaços exteriores dos edifícios. Tendo em conta que estes são os materiais que mais contribuem para mitigação do fenómeno ilha de calor, neste indicador é contabilizada a percentagem de área em planta do edifício cujos materiais de revestimento possuem uma reflectância superior a 60%.

#### Categoria 2 - Biodiversidade e Uso do solo

A segunda categoria, "Biodiversidade e Uso do Solo" inclui quatro indicadores. O primeiro indicador designa-se "I3 - Eficiência de uso do solo". O impacto avaliado neste parâmetro está relacionado com a forma como os edifícios ocupam o território, tendo como objetivo promover edifícios que utilizem o mínimo de área territorial possível e que ao mesmo tempo maximizem o uso das áreas construídas, prevenindo a expansão das cidades. Para tal é avaliado o índice de eficiência de ocupação territorial que tem em consideração os seguintes aspetos: área habitável, número de ocupantes do edifício, área bruta, área de implantação e área da parcela ou do lote.

No indicador "I4 - Localização Sustentável" é analisado o facto de o edifício ser ou não construído sob área previamente contaminadas ou edificadas e se este se localiza num local que possui nas suas proximidades redes de infraestruturas adequadas à sua implantação (nomeadamente, rede elétrica, rede de água e rede de esgotos). O objetivo deste indicador passa pela redução dos impactos associados à criação de novas infraestruturas e à ocupação de solos virgens.

O indicador "I5 - Proteção da biodiversidade local em fase de construção" pretende promover e premiar a implementação de medidas que permitam proteger a biodiversidade existente no local de construção do edifício. Esta promoção é feita através da premiação de situações em que, durante a fase de construção, tenham sido tomadas precauções para proteção da biodiversidade, ao nível da área ocupada pelo estaleiro, da proteção de árvores existentes no local, e da contaminação de cursos de água.

O último indicador inserido na categoria 2 é o "I6 - Produto de base orgânica certificados. Neste indi-

cador são quantificados os materiais de construção de base orgânica que possuam certificação ambiental de forma a promover a utilização dos mesmos.

#### Categoria 3 – Energia

Tendo em conta a importância que o consumo de energia nos edifícios possui ao nível das emissões de gases de efeito estufa, nesta categoria pretendem avaliar-se os principais aspetos do edifício que tem influência no consumo de energia.

No indicador "I7 - Consumo de energia" é quantificado o consumo de energia no edifício, sendo este determinado de acordo com a regulamentação energética aplicável. Com esta avaliação pretende promover-se a redução do consumo de energia nos edifícios através da utilização de soluções passivas e de equipamentos eficientes.

A categoria 8 inclui também um indicador relativo à produção de energia através de fontes renováveis (I8 - Energias renováveis). A avaliação deste aspeto passa pela quantificação da quantidade de energia produzida anualmente no edifício através de fontes renováveis.

O indicador (I9) refere-se à forma como o edifício efetua a gestão dos sistemas mecânicos. Uma adequada gestão dos sistemas mecânicos permite não só obter elevadas poupanças no consumo energético como também reduzir os custos operacionais dos edifícios. Estima-se que, em média, um edifício com uma adequada gestão dos sistemas mecânicos possua custos operacionais entre 8% a 20% inferiores a edifícios onde este processo não foi aplicado (G.S.A., 2005). O desempenho do edifício ao nível deste indicador é determinado através da quantificação de uma lista de medidas que o edifício deve verificar para cumprir determinados requisitos ao nível da gestão dos sistemas mecânicos.

#### Categoria 4 - Materiais, resíduos sólidos e gestão de recursos

Na categoria 4 são incluídos 5 indicadores relativos à utilização de materiais reciclados e reutilizados e à forma como é efetuada a gestão de resíduos sólidos e de recursos no edifício.

Os dois primeiros indicadores incluídos nesta categoria, "I10 - Materiais reutilizados", e "I11

- Materiais com conteúdo reciclado” têm como objetivo promover a reutilização de materiais na construção/reabilitação do edifício e a utilização de materiais com conteúdo reciclado. A sua quantificação é efetuada através da determinação da percentagem de materiais de construção reutilizadas (no caso do indicador 10) e com conteúdo reciclado (no caso do indicador 11).

O indicador “I12 - Resíduos Sólidos de Construção e Demolição” tem como objetivo promover a minimização da produção de resíduos de construção e a reciclagem e reutilização dos resíduos gerados.

No indicador “I13 - Gestão Ambiental” é promovida a adoção de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e uma adequada gestão de recursos durante a fase de utilização do edifício. Para tal são valorizados edifícios que possuam um sistema de gestão ambiental ou que, não possuindo, seguem boas práticas ao nível dos seguintes aspetos: sistemas de monitorização, tratamento de resíduos sólidos, consumo de produtos em fase de utilização e formação de ocupantes.

O indicador “I14 - Flexibilidade e Adaptabilidade” promove a adoção de soluções construtivas e de processos de construção que permitam uma maior facilidade na alteração de usos do edifício. Desta forma são beneficiados edifícios que durante a fase de projeto, prevejam a adoção de boas práticas ao nível da flexibilidade e facilidade de alteração do layout dos compartimentos, dos sistemas de ventilação e climatização e dos sistemas de água e canalizações.

#### Categoria 5 – Água

A análise da categoria 5 é distribuída por três indicadores. O indicador “I15 - Consumo de água” tem como objetivo a promoção da redução do consumo de água no edifício em fase de utilização. Neste indicador é efetuada a quantificação do consumo de água total anual do edifício.

No indicador “I16 - Reciclagem e reutilização de água” é premiada a redução do consumo de água potável no interior do edifício através da utilização de dispositivos de reciclagem e reutilização de águas pluviais, freáticas ou cinzentas. Para tal é quantificada a quantidade de água que é fornecida e utilizado no edifício através deste tipo de sistemas.

Por último, esta categoria inclui a análise do indicador “I17 - Sistema de Gestão de Águas Pluviais” que pretende assegurar a recarga dos aquíferos e diminuir o caudal de ponta nos sistemas de drenagem de águas pluviais. A avaliação deste aspeto é efetuada através da análise de dois parâmetros: o índice de impermeabilização do edifício e a eficiência do sistema de drenagem de águas pluviais.

#### Dimensão Social

##### Categoria 6 - Conforto e saúde dos utilizadores

Sabendo que um edifício só poderá ser considerado sustentável se conseguir providenciar um adequado nível de conforto, promovendo desta forma as suas possibilidades de ocupação, a categoria 6 inclui a análise de 4 indicadores no âmbito dos edifícios de serviços e de 5 indicadores para os edifícios de turismo.

O indicador “I18 - Qualidade do ar interior” pretende promover a existência de um nível adequado de qualidade do ar interior (QAI). Este aspeto é analisado de forma diferente consoante se trate de um edifício existente ou de um edifício em fase de construção ou projeto. No caso de um edifício existente, é determinada a concentração de vários poluentes do ar: Partículas com diâmetro inferior a 10µm, dióxido de carbono, monóxido de carbono, ozono, formaldeído, compostos orgânicos voláteis (COVs), baterias, fungos, radão e legionella. Tratando-se de edifícios que ainda não foram construídos, na impossibilidade de serem efetuadas medições de poluentes, a qualidade do ar interior é estimada tendo por base o nível de ventilação previsto e a quantidade de materiais de acabamento com baixo conteúdo em COVs.

O indicador “I19 - Conforto térmico”, pretende promover a adoção de medidas que permitam a existência de um ambiente térmico confortável no interior do edifício. A sua quantificação é efetuada através da determinação das temperaturas operativas nas estações de aquecimento e de arrefecimento.

No caso do indicador “I20 - Conforto lumínico” são promovidas medidas que permitam a existência de uma iluminação adequada no edifício. Este indicador é avaliado em duas vertentes: iluminação

natural, onde é determinado o fator luz do dia do edifício; e a iluminação artificial onde são quantificados os níveis de iluminância produzidos por luz artificial.

O indicador 21 baseia-se na análise do conforto acústico. Neste ponto é analisado o nível de conforto acústico proporcionado por diversos elementos do edifício.

Na avaliação da sustentabilidade de edifícios de turismo, nesta categoria, efetua-se ainda a análise do indicador " I22 – Amenidades Interiores". Assim, este indicador foi desenvolvido com o objetivo de promover e premiar estabelecimentos turísticos que garantam um adequado nível de conforto. A sua quantificação é efetuada através da determinação do Índice de Amenidades Interiores que avalia as amenidades e o conforto proporcionado pelo edifício turístico a nível dos seguintes pontos: climatização, áreas do edifício, estacionamento, equipamento dos quartos e instalações sanitárias, serviços e lazer.

#### Categoria 7 - Acessibilidade

Esta categoria engloba apenas um indicador denominado "Plano de mobilidade". O seu objetivo passa pela promoção de um plano de mobilidade sustentável, promovendo a circulação a pé ou de bicicleta e utilizando veículos que utilizem combustíveis com menos impactes no ambiente e promovendo medidas que permitam uma adequada mobilidade para pessoas com mobilidade condicionada. Neste indicador são analisados os seguintes aspetos do edifício: condições para acesso ao edifício a pé ou de bicicleta, promoção da utilização de outros meios de transporte menos poluentes do que o automóvel privado, acesso a pessoas com mobilidade condicionada.

#### Categoria 8 - Segurança

A categoria 8 inclui um único indicador: "Segurança dos ocupantes". O desenvolvimento deste indicador teve por base a promoção da implementação de medidas que garantam a existência de segurança dos ocupantes contra criminalidade e situações de desastres naturais e/ou incêndios. Com este indicador a segurança do edifício é avaliada no que respeita aos aspetos que se seguem: Garantia da continuação de funciona-

mento dos principais serviços dos edifícios, segurança contra incêndios e segurança pessoal dos utilizadores do edifício.

#### Dimensão Económica

##### Categoria 9 - Custos de ciclo de vida

A dimensão económica é analisada nas metodologias desenvolvidas através da quantificação de uma única categoria e de um único indicador: "Custos de ciclo de vida". Este indicador pretende promover a conceção de edifícios sustentáveis que apresentem custos de ciclo de vida semelhantes ou inferiores aos dos edifícios convencionais. Neste indicador são quantificados os custos de ciclo de vida do edifício através do somatório entre os custos de investimento e dos custos de operação associados ao consumo energético e ao consumo de água.

##### Categoria extra – Sustentabilidade do Local

Foi ainda criada uma categoria extra, que diz respeito à sustentabilidade do local onde o edifício se encontra localizado. A classificação desta categoria não interfere na determinação do nível de sustentabilidade global do edifício mas é apresentada no certificado de sustentabilidade.

O primeiro indicador da categoria extra está relacionado com a acessibilidade a transportes públicos cujo objetivo é promover e valorizar edifícios que satisfaçam a maior parte das necessidades de deslocação dos seus habitantes através do sistema de transportes públicos. Neste indicador é analisada a proximidade do edifício às paragens dos principais transportes públicos (comboio, metro, autocarro e elétrico) bem como a frequência destes serviços.

Adicionalmente, no casos dos edifícios de serviços é ainda analisado outro indicador denominado por "I25 – Acessibilidade a amenidades" e que, com o objetivo de minimizar a utilização de automóveis privados e de promover conforto dos ocupantes dos edifícios através da seleção de locais de construção com amenidades básicas nas suas imediações.

#### Definição dos métodos de cálculo e métodos de normalização

A avaliação do impacto de cada indicador selecionado é efetuado através de um método de cálculo objetivo e, sempre que possível, quantitativo, de forma a evitar a subjetividade muitas vezes cri-

ticada na avaliação da sustentabilidade de edifícios. Estes métodos de cálculo foram desenvolvidos tendo em consideração os métodos de cálculo da metodologia SBTool PT-H (MATEUS; BRAGANÇA, 2009) e SBTool, mas também as restantes metodologias internacionais analisadas, bem como outros estudos mais recentes desenvolvidos ao nível de cada aspeto em avaliação (MACHADO, 2009; BARBOSA, 2010). Adicionalmente foi sempre tido em consideração o contexto nacional português bem como a legislação existente.

De forma a se poder agregar o desempenho dos edifícios ao nível de cada indicador, foi utilizado um método de normalização com base na fórmula de Diaz-Balteiro (1) (DÍAZ-BALTEIRO; ROMERO, 2004) e utilizando benchmarks (práticas de referência) Portugueses.

$$\bar{P}_i = \frac{P_i - P_{i^*}}{P_i^{**} - P_{i^*}} \quad (1)$$

A normalização tem como objetivo fixar um valor adimensional que exprima o desempenho do edifício em avaliação em relação a edifícios de referência (*benchmarks*); resolver o problema de alguns parâmetros serem do tipo “quanto maior é melhor” e outros do tipo “quanto maior é pior”; e evitar os efeitos de escala na agregação de indicadores.

**Tabela 2** Avaliação do parâmetro normalizado

| CLASSIFICAÇÃO | VALOR                        |
|---------------|------------------------------|
| A+            | $\bar{P}_i > 1,00$           |
| A             | $0,70 < \bar{P}_i \leq 1,00$ |
| B             | $0,40 < \bar{P}_i \leq 0,70$ |
| C             | $0,10 < \bar{P}_i \leq 0,40$ |
| D             | $0,00 < \bar{P}_i \leq 0,10$ |
| E             | $\bar{P}_i < 0,00$           |

**Fonte** Universidade do Minho; EcoChoice, 2013

Através da aplicação da equação acima apresentada, o desempenho ao nível de cada parâmetro é determinado e convertido numa escala compreendida entre 0 (pior valor) e 1 (melhor valor). Desta

forma, é possível, através da escala apresentada na Tabela 2, converter este desempenho num valor qualitativo.

A definição das práticas de referência que caracterizam as melhores práticas e as práticas comuns a nível nacional foi efetuada através de análises estatísticas, do estudo de legislação e do panorama do mercado português atual.

### Sistema de pesos e método de agregação

De forma a possibilitar a agregação do desempenho de cada indicador em análise numa nota ao nível de cada categoria, dimensão e por fim numa única nota de sustentabilidade global, é necessário utilizar um sistema de pesos. No que respeita aos indicadores da dimensão ambiental, a distribuição dos pesos foi efetuada através do método TRACI que se baseia na atribuição de um nível de importância a cada indicador ao nível de três aspetos: extensão, intensidade e duração do impacto. A partir desses valores, é possível calcular a importância relativa de cada indicador em função do seu impacto no ambiente.

Para a atribuição de um valor à importância relativa de cada indicador social foi desenvolvida uma metodologia de base científica baseada num estudo efetuado na Universidade do Minho onde foram efetuadas medições em tempo real de parâmetros de conforto em vários edifícios que foram comparados com as respostas a entrevistas a mais de 350 pessoas que ocupavam esses espaços. Para o efeito, foram utilizadas neural networks e regressões não lineares para determinar a importância relativa dos vários fatores de conforto que por fim foram se utilizaram para determinar pesos para os principais parâmetros e conforto (MATEUS, 2009, MATEUS, BRAGANÇA, 2011).

### Aplicação a casos de estudo

Edifício de serviços – Sede Tagusgás,  
Parque de Negócios do Cartaxo

As metodologias desenvolvidas foram testadas através da sua aplicação a casos de estudo de forma a verificar a sua aplicabilidade e viabilidade. Para a metodologia de avaliação da sustentabilidade de edifícios de Serviços foi definido como caso de estudo o projeto do Edifício Sede Tagusgás, no Parque de Negócios do Cartaxo.

Figura 1 Vista principal do edifício da sede da Tagusgás

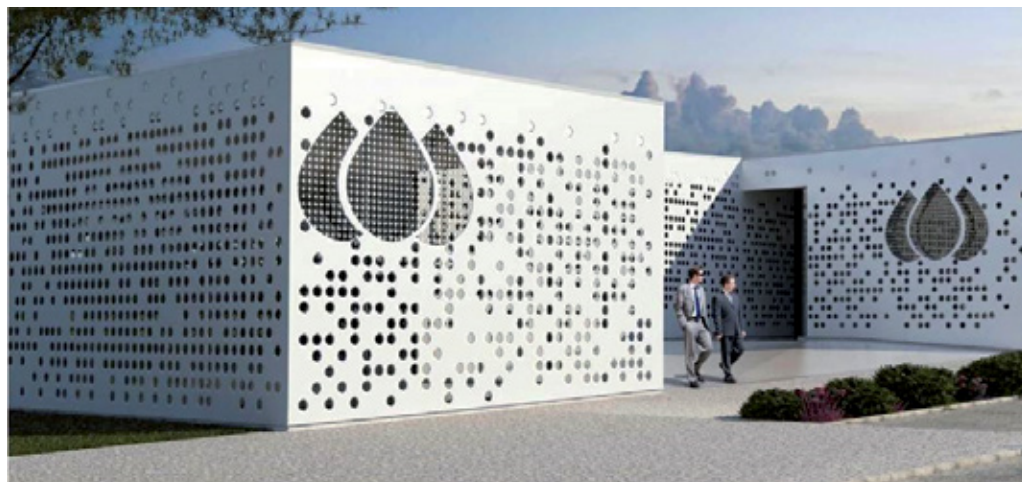
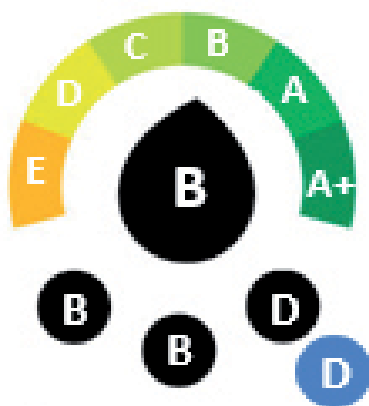


Figura 2 Rótulo de apresentação do desempenho ambiental, social e económico e de sustentabilidade global do caso de estudo de edifícios de serviços



À data da realização da avaliação da sustentabilidade, este caso de estudo encontrava-se em fase de construção, pelo que a sua avaliação foi efetuada tendo por base os dados existentes em fase de projeto.

O edifício sede Tagusgás é um edifício de escritórios que possui ainda uma loja e um armazém. A área do lote de terreno é de 4080.00m<sup>2</sup> e a área de implantação, que coincide com a área bruta de construção é de 1466.00m<sup>2</sup>.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da avaliação de cada indicador e categoria e dimensão da sustentabilidade bem como da avaliação global de sustentabilidade.

De seguida são enumeradas alguns aspetos positivos e negativos que contribuíram para se atingir as classificações acima apresentadas.

Aspetos Positivos:

- Aplicação de painéis brancos como revestimento da cobertura e grandes áreas de espaços verdes (diminuição do efeito ilha de calor);
- Adoção de boas práticas no que respeita à proteção da biodiversidade durante a fase de construção (proteção das árvores, adequado condicionamento de materiais com possibilidade de poluir cursos de água, pequena ocupação de área com o estaleiro, etc.);
- Utilização de materiais orgânicos com certificação ambiental;
- Reutilização dos resíduos de construção com agregados para a construção do edifício;
- Adoção de um sistema de gestão ambiental certificado pela ISO14001;
- Utilização de sistemas modulares que permitem elevada flexibilidade dos espaços;
- Equipamentos de consumo de água eficientes;

- Utilização de vegetação nativa nos espaços verdes;
- Elevada permeabilidade das superfícies envolventes ao edifício.
- Boa taxa de renovação do ar (previsão de um adequado nível de qualidade do ar interior);
- Grandes áreas de envidraçados para promoção de adequados níveis de iluminação natural;
- Redução da necessidade do uso de equipamentos de ar condicionado devido a uma adequada ventilação natural;
- Promoção do uso de meios de transporte alternativos (bicicletas);
- Existência de uma estação de carga para veículos elétricos;

Aspectos negativos:

- O edifício possui um baixo desempenho ao nível da eficiência do uso do solo uma vez que possui uma elevada área de implantação e apenas um piso;
- Não é utilizado nenhum equipamento de produção de energia por fontes renováveis;
- Aplicação de poucas medidas relativas à adequada gestão dos sistemas mecânicos;
- Não é utilizado nenhum sistema de reciclagem de água.
- Custos de operação médios em relação à prática convencional;
- Custo de investimento elevados;
- Fraco acesso a transportes públicos (o edifício encontra-se inserido num parque industrial ainda em construção);
- Fraca acessibilidade a amenidades.

De acordo com os resultados obtidos, o Caso de Estudo de Serviços obtém classificação geral B e ao nível da categoria de Sustentabilidade do Local obteve classificação D. O rótulo final do sistema SBTTool é apresentado na Figura 2.

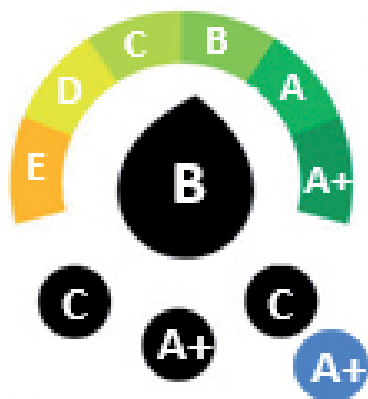
**Tabela 3** Resultados da avaliação da dimensão ambiental para o caso de estudo de serviços

| AMBIENTE  |  |    |   |
|---|--|----|---|
| <b>C1. Alterações climáticas e qualidade do ar exterior</b> |  |    |   |
| I1  | Impactes ambientais de ciclo de vida                   | C  | B |
| I2  | Efeito ilha de calor                                   | A  |   |
| <b>C2. Biodiversidade e Uso do solo</b>                     |  |    |   |
| I3  | Eficiência de uso do solo                              | E  | B |
| I4  | Localização Sustentável                                | C  |   |
| I5  | Proteção da biodiversidade local em fase de construção | A  |   |
| I6  | Produtos de base orgânica certificados                 | A+ |   |
| <b>C3. Energia</b>  |  |    |   |
| I7  | Consumo de energia                                     | D  | C |
| I8  | Energias renováveis                                    | D  |   |
| I9  | Gestão dos sistemas mecânicos                          | C  |   |
| <b>C4. Materiais, resíduos sólidos e gestão de recursos</b> |  |    |   |
| I10   | Materiais reutilizados                                 | B  | B |
| I11   | Materiais com conteúdo reciclado                       | D  |   |
| I12   | Resíduos sólidos de construção                         | B  |   |
| I13   | Plano de gestão ambiental                              | A  |   |
| I14   | Flexibilidade e adaptabilidade                         | A+ |   |
| <b>C5. Água</b>   |  |    |   |
| I15   | Consumo de água  | A  | B |
| I16   | Reciclagem e tratamento de água                        | D  |   |
| I17   | Gestão de águas pluviais                               | C  |   |
| <b>SOCIAL</b>   |  |    |   |
| <b>C6. Conforto e saúde dos utilizadores</b>                |  |    |   |
| I18   | Qualidade do ar interior                               | A+ | B |
| I19   | Conforto térmico                                       | B  |   |
| I20   | Conforto lumínico                                      | A+ |   |
| I21   | Conforto acústico                                      | D  |   |
| <b>C7. Acessibilidade</b>                                   |  |    |   |
| I22   | Plano de mobilidade                                    | A  | A |
| <b>C8. Segurança</b>  |  |    |   |
| I23   | Segurança dos ocupantes                                | B  | B |
| <b>ECONÔMICA</b>  |  |    |   |
| <b>C9. Custos de ciclo de vida</b>                          |  |    |   |
| I24   | Custos de ciclo de vida                                | D  | D |
| <b>SUSTENTABILIDADE DO LOCAL</b>                            |  |    |   |
| I25   | Acessibilidade a transportes públicos                  | D  | D |
| I26   | Acessibilidade a amenidades                            | D  |   |

**Figura 3** Imagens do Hotel Tivoli Vitória



**Figura 4** Rótulo de apresentação do desempenho ambiental, social e económico e de sustentabilidade global do caso de estudo de edifícios de turismo



#### Edifício de turismo - Hotel Tivoli Vitória, Vilamoura

No caso da metodologia de avaliação da sustentabilidade de edifícios de Turismo foi definido como caso de estudo o edifício do Hotel Tivoli Vitória, em Vilamoura. Este caso de estudo trata-se de um edifício construído recentemente, pelo que a sua avaliação foi efetuada tendo por base a fase de pós-construção.

Este hotel, localizado em Vilamoura, Algarve possui uma área de construção de 25.884,47 m<sup>2</sup> e é um hotel 5 estrelas com 4 pisos.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados da avaliação da sustentabilidade efetuada a Hotel Tivoli Vitória.

Tal como pode ser observado, o edifício de turismo em avaliação não apresenta uma classificação de C para a dimensão ambiental e para a dimensão económica. Contudo, após ter sido efetuada a avaliação da dimensão social verificou-se que os resultados relativos a esta eram muito bons (A+). Desta forma verificou-se que o equilíbrio entre as três dimensões da sustentabilidade permitiu que este edifício obtivesse uma classificação global de B.

Apresentam-se de seguida algumas das principais características deste edifício que levaram à obtenção das classificações acima expostas.

Aspetos positivos:

- Utilização de fontes de energia renovável;
- Utilização de sistemas de monitorização de consumo de água e energia;
- Adoção de um sistema de gestão ambiental certificado pela ISO14001;

- Implementação de algumas medidas que atribuem flexibilidade aos espaços;
- Utilização de alguns equipamentos de consumo de água eficientes;
- Boa qualidade do ar interior;
- Bom conforto térmico;
- Grandes áreas de envidraçados, favorecendo a iluminação natural;
- Rotas pedestres dedicadas a peões e parcerias com empresas de transportes públicos;
- Proximidade a um aeroporto e a paragens de autocarro.

Aspectos negativos:

- Grandes áreas de cobertura com revestimento de baixa reflectância;
- Problemas em termos de eficiência do uso do solo (áreas demasiado grandes);
- Utilização de materiais orgânicos não certificados;
- Elevadas áreas exteriores impermeabilizadas;
- Custos de ciclo de vida relativamente elevados.

O Caso de Estudo de Turismo obteve uma classificação geral B e ao nível da categoria Sustentabilidade do Local obteve classificação A+ como pode ser observado na Figura 4.

## Conclusões

Tendo em conta os elevados impactes associados aos edifícios de serviços e de turismo e também o papel social associado aos mesmos, verifica-se a necessidade de implementar práticas sustentáveis nos mesmos de forma a promover o desenvolvimento sustentável no setor da construção.

No presente capítulo foram apresentadas duas metodologias de avaliação da sustentabilidade que se destina a avaliar edifícios de serviços e de turismos. Estas metodologias foram desenvolvidas tendo por base a metodologias internacional SBTool mas a seu desenvolvimento teve em

**Tabela 4** Resultados da avaliação da sustentabilidade para o caso de estudo de edifícios de turismo

| AMBIENTE  |  |    |    |
|---|--|----|----|
| <b>C1. Alterações climáticas e qualidade do ar exterior</b> |  |    |    |
| I1  | Impactes ambientais de ciclo de vida                   | D  | C  |
| I2  | Efeito ilha de calor                                   | C  |    |
| <b>C2. Biodiversidade e Uso do solo</b>                     |  |    |    |
| I3  | Eficiência de uso do solo                              | E  | E  |
| I4  | Localização Sustentável                                | C  |    |
| I5  | Proteção da biodiversidade local em fase de construção | D  |    |
| I6  | Produtos de base orgânica certificados                 | E  |    |
| <b>C3. Energia</b>  |  |    |    |
| I7  | Consumo de energia                                     | C  | C  |
| I8  | Energias renováveis                                    | C  |    |
| I9  | Gestão dos sistemas mecânicos                          | C  |    |
| <b>C4. Materiais, resíduos sólidos e gestão de recursos</b> |  |    |    |
| I10   | Materiais reutilizados                                 | D  | C  |
| I11   | Materiais com conteúdo reciclado                       | D  |    |
| I12   | Resíduos sólidos de construção                         | D  |    |
| I13   | Plano de gestão ambiental                              | B  |    |
| I14   | Flexibilidade e adaptabilidade                         | A  |    |
| <b>C5. Água</b>   |  |    |    |
| I15   | Consumo de água  | B  | C  |
| I16   | Reciclagem e tratamento de água                        | D  |    |
| I17   | Gestão de águas pluviais                               | C  |    |
| <b>SOCIAL</b>   |  |    |    |
| <b>C6. Conforto e saúde dos utilizadores</b>                |  |    |    |
| I18   | Qualidade do ar interior                               | A+ | A+ |
| I19   | Conforto térmico                                       | A+ |    |
| I20   | Conforto lumínico                                      | A+ |    |
| I21   | Conforto acústico                                      | B  |    |
| I22   | Amenidades interiores                                  | A  |    |
| <b>C7. Acessibilidade</b>                                   |  |    |    |
| I23   | Plano de mobilidade                                    | C  | C  |
| <b>C8. Segurança</b>  |  |    |    |
| I24   | Segurança dos ocupantes                                | C  | C  |
| <b>ECONÓMICA</b>  |  |    |    |
| <b>C9. Custos de ciclo de vida</b>                          |  |    |    |
| I25   | Custos de ciclo de vida                                | C  | C  |
| <b>SUSTENTABILIDADE DO LOCAL</b>                            |  |    |    |
| I26   | Acessibilidade a transportes públicos                  | A+ | A+ |



consideração diversas outras metodologias bem como o trabalho realizado pelos principais órgãos de normalização, nomeadamente a ISO e o CEN.

As metodologias foram desenvolvidas no contexto nacional português e como tal destinam-se à aplicação nesse mesmo contexto. Contudo, considera-se que este capítulo poderá fornecer uma boa base de trabalho para o desenvolvimento de outras metodologias noutros contextos com as devidas adaptações.

As ferramentas desenvolvidas foram aplicadas a casos de estudo. Através destes foi possível ajustar alguns aspetos das metodologias e verificar que estas são facilmente aplicáveis e permitem quantificar de forma justa e objetiva o nível de sustentabilidade de edifícios de serviços e de turismo.

## Referências

- ALYAMI, S. H.; REZGUI, Y. Sustainable building assessment tool development approach. **Sustainable Cities and Society**, v. 5, p. 52-62, 2012.
- BARBOSA, J. A. **Desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de sustentabilidade de edifícios de serviços**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil. Guimarães, Universidade do Minho, Guimarães, 2010.
- BARBOSA, J. A. et al. Adaptation of SBToolPT to office buildings. **International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development**, v. 4, p. 89-97, 2013.
- BRAGANÇA, L.; MATEUS R. Improving the design of a residential building using the Portuguese rating system SBToolPT. In: INTERNATIONAL CONFERENCE SUSTAINABILITY OF CONSTRUCTIONS TOWARDS A BETTER BUILT ENVIRONMENT, 2011, Innsbruck. **Anais...** Malta: University of Malta. Faculty for the Built Environment, 2011. p. 197-204.
- BRAGANÇA, L.; VIEIRA, S. M.; ANDRADE, J. B. Early Stage Design Decisions: The Way to Achieve Sustainable Buildings at Lower Costs. **The Scientific World Journal**, v. 2014, 2014.
- BREEAM. **Building Research and Consultancy's Environmental Assessment Method**. 2015. Disponível em: <<http://www.breeam.org>>. Acesso em: 24 set. 2015.
- CASBEE. **Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency**. 2015. Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/overviewE.htm>>. Acesso em: 24 set. 2015.
- DEERY, M., et al. Rethinking social impacts of tourism research: A new research agenda. **Tourism Management**, v. 33, p. 64-73, 2012.
- DÍAZ-BALTEIRO, L.; ROMERO C. In search of a natural systems sustainability index. **Ecological Economics**, v. 49, n. 3, p. 401-405, 2004.
- DING, G. K. C. Sustainable construction - "The role of environmental assessment tools. **Journal of Environmental Management**, v. 86, n. 3, p. 451-464, 2008.
- EPA. **United States Environmental Protection Agency - Questions About Your Community: Indoor Air**. 2013. Disponível em: <<http://www.epa.gov/region1/communities/indoorair.html>>. Acesso em: 23 set. 2015.
- ERLANDSSON, M.; BORG M. Generic LCA-methodology applicable for buildings, constructions and operation services-today practice and development needs. **Building and Environment**, v. 38, n. 7, p. 919-938, 2003.
- EU. **Energy and Transport Trends 2030: Update 2007**. Belgium: European Communities, 2008.
- **European Union Energy and Transport in Figures – 2009 Edition**. Luxembourg: European Communities, 2009.
- **European Commission, Press Release Database - Indoor air pollution: new EU research reveals higher risks than previously thought**. Disponível em: <[http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-03-1278\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-03-1278_en.htm)>. Acesso em: 23 set. 2015.
- G.S.A. **The building commissioning guide**, United States General Services Administration. 2005.
- HAAPIO, A.; VIITANIEMI P. A critical review of building environmental assessment tools. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 28, n. 7, p. 469-482, 2008.
- HQE. **Haute Qualité Environnementale**. 2013. Disponível em: <<http://www.behqe.com/>>. Acesso em: 24 set. 2015.
- iisBE. **SB Method and SBTool**. 2015. Disponível em: <<http://iisbe.org/sbmethod>>. Acesso em: 24 set. 2015.

INE; LNEC, Eds. O Parque habitacional e a sua reabilitação - análise e evolução 2001-2011. 2013.

LI, Z. A new life cycle impact assessment approach for buildings. **Building and Environment**, v. 41, n. 10, p. 1414-1422, 2006.

LÜTZKENDORF, T., et al. New trends in sustainability assessment systems - based on top-down approach and stakeholders needs. **International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development**, 2012.

MACHADO, C. **Desenvolvimento de uma Metodologia de avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Turismo**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil. Guimarães, Universidade do Minho, Guimarães, 2009.

MACHADO, C.; MATEUS, R.; BARBOSA, J. A., BRAGANÇA, L. Contributo para o Módulo de Turismo da Metodologia SBToolPT. In: BRAGANÇA, L. et al. (Eds). **Portugal SB 10: Sustainable Building Affordable to All, Low Cost Sustainable Solutions**. Vila-moura - Portugal, 2010. p. 565-572.

MATEUS, R. **Avaliação da sustentabilidade da construção - Propostas para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis**. 2009. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil. Guimarães, Universidade do Minho, Guimarães, 2009.

MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. **Guia de Avaliação SB-Tool pt** - H, iiSBE Portugal. 2009.

----- Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SB-ToolPT-H. **Building and Environment**, v. 46, n. 10, p. 1962-1971, 2011.

ORTIZ, O. et al. Sustainability based on LCM of residential dwellings: A case study in Catalonia, Spain. **Building and Environment**, v. 44, n. 3, p. 584-594, 2009.

UNIVERSIDADE DO MINHO; ECOCHOICE. **Manual de Avaliação - Metodologia para Serviços**. Relatório Final do Projeto "SBTool PT STP - Ferramenta para a avaliação e certificação da sustentabilidade da construção". 2013.

----- **Manual de Avaliação - Metodologia para Turismo**. Relatório Final do Projeto "SB-Tool PT STP - Ferramenta para a avaliação e cer-

tificação da sustentabilidade da construção". 2013. USGBC. **LEED - US Green Building Council**. 2015. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/leed>>. Acesso em: 24 set. 2015.

WTO. World Tourism Organization (WTO), **Annual report 2011**, World Tourism Organization. 2012.

# Influência de um sistema de reuso de águas cinzas na energia incorporada à água consumida em edificações residenciais multifamiliares

---

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – BRASIL

Mônica Pertel

---

FLUXO MÁQUINAS E EQUIPAMENTO LTDA EPP – BRASIL

Ricardo Franci Gonçalves

## Introdução

A busca pela sustentabilidade no meio urbano compreende o uso das mais variadas práticas de conservação dos recursos como água e energia. Nesse sentido, a parcela referente ao consumo de água e energia nas residências é estratégica para a concepção de programas de conservação desses recursos em áreas urbanas. Na cidade de Vitória, o consumo médio per capita de água é de 249 L/hab./dia, um consumo elevado se comparado ao consumo médio do país de 166 L/hab./dia (SNIS, 2014). É necessário que exista uma gestão integrada dos recursos água e energia, incentivando o uso racional e favorecendo o desenvolvimento de sistemas sustentáveis como forma de prevenção contra a escassez. Na prática, busca-se a racionalização do uso através de técnicas e procedimentos que resultem na preservação do recurso, sem que haja comprometimento dos usos fundamentais que mantêm a vida nas áreas urbanas.

A utilização de fontes alternativas como a prática do reuso de águas servidas que não possuem contribuição fecal, se mostra como uma alternativa para atender demandas que não exigem o uso de água potável. Essas águas, denominadas águas cinza são aquelas residuárias provenientes do uso de lavatórios, chuveiros, banheiras, máquinas de lavar roupa e tanque de acordo com Jeferson *et al.*, (1999), e seriam empregadas nas descargas na bacia sanitária, rega de jardins e limpeza de áreas externas e automóveis. Devido à presença de óleos e gorduras, alguns autores não consideram como água cinza o efluente das pias de cozinha (NOLDE, 1999).

Há uma nítida tendência do setor da construção civil o desenvolvimento de edifícios que adotam medidas de consumo sustentáveis, são os denominados "edifícios verdes" reconhecidos pela única certificação aceita internacionalmente, a LEED<sup>1</sup> (sigla em inglês para "Liderança em Energia e Design Ambiental"). Dentre as características destas edificações, destacam-se o uso racional da água e a conservação da energia. Soluções como estas exigem uma profunda revisão do uso

da água nas residências, que vise à redução do consumo de água potável e conseqüentemente, da produção de águas residuárias e da energia gasta nos processos.

A obtenção de informações sobre a qualidade do consumo de água nas edificações urbanas configura-se como ferramenta indispensável ao planejamento, tendo por objetivo o dimensionamento da oferta e a gestão da demanda. Além disso, é fundamental atentar para o fato de os consumos de água e energia devem ser visualizados como dados interligados e não de forma separada. A energia é necessária para mover a água através dos sistemas de água municipais, tornando a água potável. Cada litro de água que se move pelo sistema representa um significativo custo de energia. As perdas de água na forma de vazamentos, furtos, desperdícios do consumidor e distribuição ineficiente afetam diretamente a quantidade de energia necessária para fazer a água chegar ao consumidor. O desperdício de água leva ao desperdício de energia. Assim, as atividades implementadas para economizar água e energia podem ter um impacto maior se planejadas conjuntamente.

Em sistemas de abastecimento de água o consumo de energia elétrica é de cerca de 0,6kWh/m<sup>3</sup> de água produzida. A redução no índice de perdas na distribuição que hoje é de 37% segundo SNIS (2014) e o uso racional da água terão influência significativa no custo da energia elétrica, visto que a diminuição do volume de água recalçada leva a uma diminuição no consumo de energia elétrica (TSUTYIA, 2006).

Nesse contexto, este trabalho pretendeu avaliar o consumo de água e as possíveis perdas em duas edificações residenciais da cidade de Vitória – ES, sendo uma com sistema hidrossanitário convencional e uma dotada de um sistema de reuso de águas cinza. A avaliação se deu por meio da setorização e estudo da variação de consumo horária, diária e sazonal, da comparação de indicadores per capita, por área e por dormitório, com indicadores da literatura técnica. Para ambas as edificações também foram avaliadas as demandas de energia necessárias para sustentar o abastecimento (kW/m<sup>3</sup>).

<sup>1</sup>LEED – Leadership in Energy and Environmental Design (<http://www.usgbc.org>)

**Figura 1** Edificação convencional



**Figura 2** Edificação com reuso



## Material e métodos

Os edifícios estão localizados na Praia do Canto – Vitória – ES, bairro de classe média alta de acordo com a classificação da prefeitura municipal, baseada no estudo de Baptista, (2001). Apresentando um elevado indicador de qualidade ambiental urbana – IQAU, de 80% de acordo com dados da prefeitura de Vitória, sendo considerado o quarto melhor bairro para se morar na capital. A ocupação da edificação convencional (Figura 1) foi iniciada em dezembro de 2004 e da edificação dotada de reuso (Figura 2) em agosto de 2007.

Ambos possuem hidrometração individual. Para o edifício dotado de reuso foi avaliada a oferta de água cinza (que corresponde ao volume de água residuária proveniente de chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupa) e demanda de água de reuso (que corresponde ao volume de água utilizado em vasos sanitários e em torneiras de uso geral das áreas comuns do condomínio).

A fim de complementar o sistema de medição já existente nas edificações e setorizar o consumo instalaram-se mais três hidrômetros, nos pontos descritos a seguir para o edifício convencional: I)

Colunas de alimentação de água fria – Um hidrômetro em cada coluna de alimentação; II) Área de lazer – Para registro do volume de água consumido nas áreas comuns dos edifícios. E para o edifício dotado de reuso: I) Colunas de alimentação de água potável e reuso; II) Área de lazer e uso do condomínio para água potável e reuso; III) ETAC: Estação de Tratamento de Águas Cinza – Entrada e saída do tratamento.

O monitoramento do consumo de água e energia nos edifícios foi realizado em duas etapas: a primeira entre janeiro e abril e a seguinte de julho a setembro. Os meses foram escolhidos a fim de correlacionar posteriormente os consumos nas estações verão e inverno, ou seja, em meses quentes e frios. No edifício convencional as duas etapas foram concluídas no ano de 2007 e no ano de 2008 para o edifício dotado de reuso. Em cada etapa, o acompanhamento do consumo foi realizado por meio de leituras diárias, sempre às 8h, de todos os hidrômetros e medidores de energia da edificação, além do levantamento de perfis de consumo de 12h e 24h. No caso dos perfis, as leituras dos hidrômetros foram registradas a cada 2h, também com início às 8h.

Figura 3 Comparativo dos perfis de consumo per capita em 12h - verão

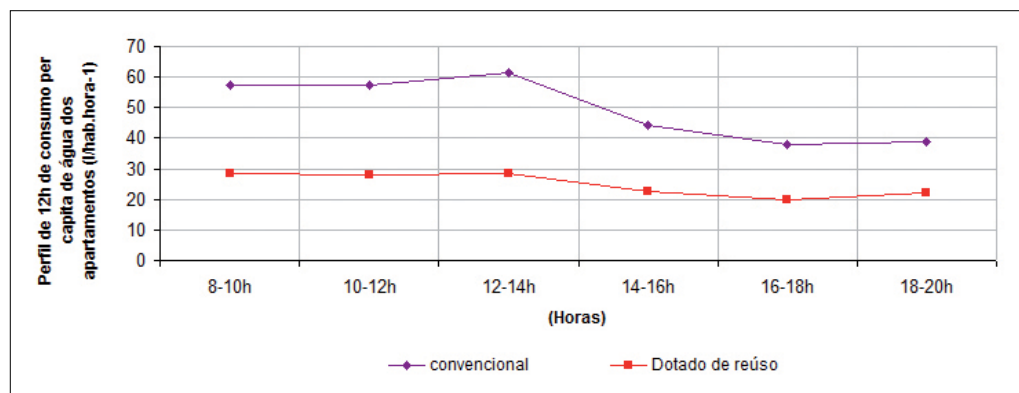
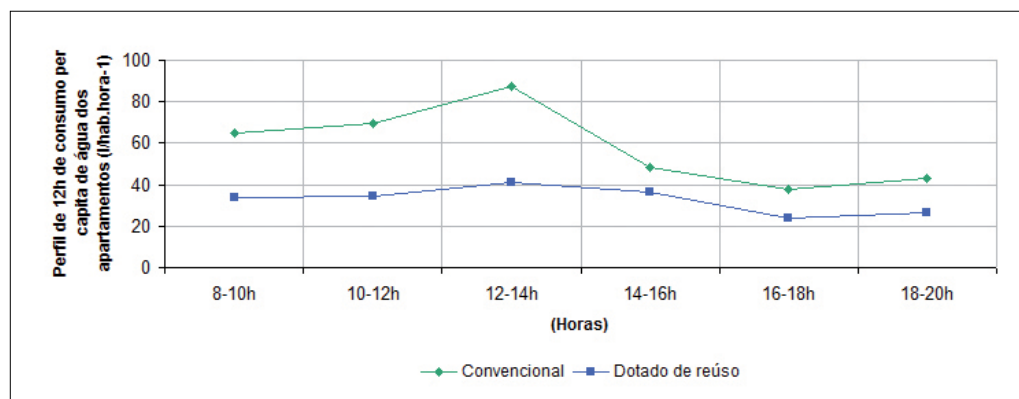


Figura 4 Comparativo dos perfis de consumo per capita em 12h - inverno



O consumo energético das bombas de recalque foi medido por meio eletrônico com a instalação de um analisador de energia, modelo RE6000 EMBRASUL. As coletas de dados de energia foram realizadas a cada 15 dias. O ed. Convencional possui duas bombas modelo DANCOR 15cv trifásicas que são acionadas cerca de cinco vezes durante a semana e cerca de três vezes no final de semana, permanecendo ligada por um intervalo de 30 minutos a cada acionamento. Já o ed. Dotado de reúso possui quatro motores da marca WEG com 3,7 (5,0)cv de potência, sendo duas para o recalque de água potável e duas para o recalque de água de reúso. As bombas que recalcam água potável são acionadas cerca de quatro vezes durante os dias da semana e de duas a três vezes nos finais de semana, permanecendo ligada durante cerca de 50

minutos por acionamento; enquanto as bombas de recalque de água de reúso são acionadas quatro vezes durante os dias da semana e três vezes nos finais de semana e permanecem ligadas cerca de 17 minutos por acionamento.

O sistema hidrossanitário na edificação com reúso foi concebido de forma a coletar as águas residuárias segregadas em águas cinza e águas negras (efluentes de vasos sanitários) e duas linhas independentes e exclusivas para o abastecimento de água: uma de reúso e a outra de água potável. As águas cinza e as águas negras são coletadas por tubulações distintas e conduzidas a tratamentos diferenciados. Após o tratamento da água cinza existe um reservatório inferior e outro superior para armazenagem e distribuição da

Figura 5 Comparativo dos perfis de consumo per capita em 24h - verão

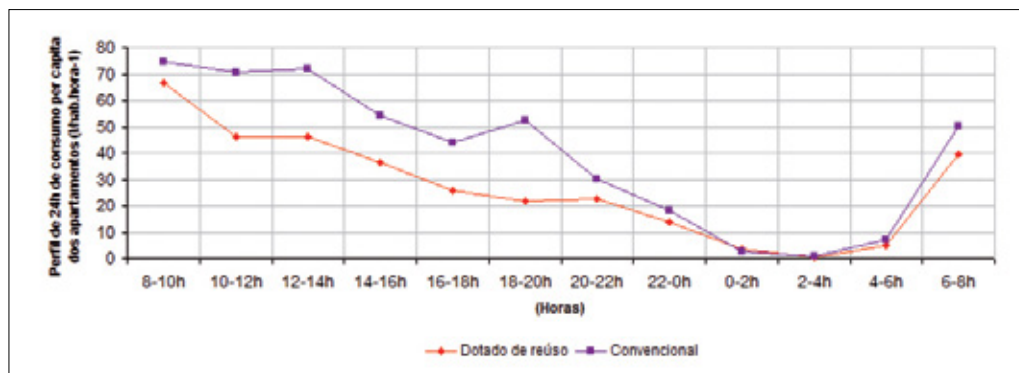
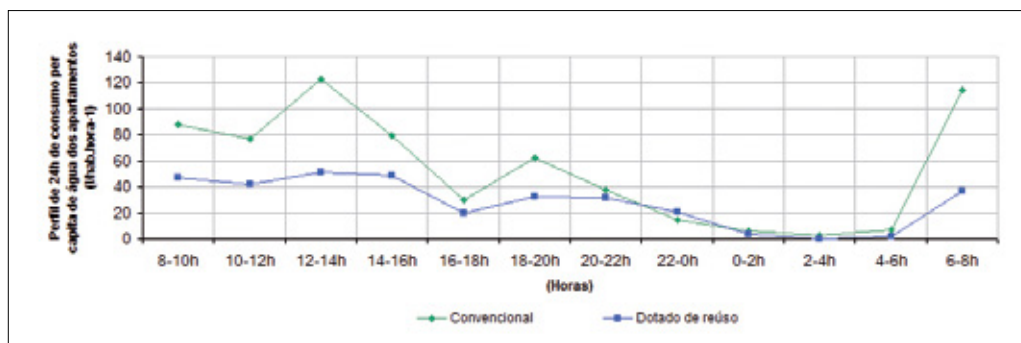


Figura 6 Comparativo dos perfis de consumo per capita em 24h - inverno



água de reúso. Os reservatórios de água de reúso e água potável são independentes. Foi previsto a reversão do sistema de reúso para abastecimento com água potável, em caso de necessidade. As águas negras ou fecais são conduzidas a rede pública de esgoto sanitário.

## Resultados

### Consumo de água

O monitoramento diário e horário do consumo de água nas edificações permitiu a elaboração de curvas comparativas de consumo de 12h, que podem ser observadas nas Figuras 3 e 4 para o período de verão e inverno respectivamente.

As Figuras 3 e 4 permitem observar um consumo per capita mais elevado no Ed. convencional quando comparado ao Ed. dotado de reúso, nota-se ainda que o maior consumo, para o perfil

de 12h, ocorre entre 12 e 14h em ambos edifícios para as duas estações avaliadas. Gráficos semelhantes, porém com dados de consumo per capita de 24h para o verão e o inverno são apresentados nas Figuras 5 e 6.

A observação dos gráficos das Figuras 5 e 6 permite inferir que há uma tendência muito semelhante entre os consumos de ambas edificações com picos de consumo entre 6 e 8h e entre 12 e 14h para ambos os edifícios, outro pico de consumo é observado entre 18 e 20h para o Ed. convencional. Ambos os edifícios apresentam queda significativa do consumo entre 0e 4h. Os índices de consumo per capita, por dormitório e por área obtidos para os dois edifícios avaliados são apresentados na Tabela 1. Nela observa-se que os índices de consumo encontrados mostram-se superiores para o Ed. Convencional quando comparado ao dotado de reúso. No entanto, os valores

**Tabela 1** Comparativo dos índices de consumo per capita, por dormitório e por área do Ed. convencional e do Ed. dotado de reuso de águas cinza

| AUTOR/ENTIDADE         | ANO  | LOCAL        | PADRÃO DA EDIFICAÇÃO          | PER CAPITA L/HAB./DIA | POR DORMITÓRIO L/DORM./DIA             | POR ÁREA L/M2/DIA |
|------------------------|------|--------------|-------------------------------|-----------------------|--|-------------------|
| Resultados da Pesquisa | 2007 | Vitória - ES | Convencional                  | 216                   | 181                                    | 6,5               |
|                        | 2008 | Vitória - ES | Dotado de reuso               | 196                   | 150                                    | 4                 |
| Berenhauser & Pulici   | 1983 | Brasil       | Convencional                  | -                     | 400 l/dorm.fam + 200 l/dorm. empregada | -                 |
| CMHC [1]               | 2001 | Canadá       | Convencional / Apto. familiar | -                     | -                                      | 2,24              |
| Mancityre              | 1996 | Brasil       | Convencional                  | 300 a 400             | 300 a 400                              | -                 |
| Mayer                  | 1999 | EUA -Texas   | Convencional                  | 263                   | -                                      | -                 |
| NBR 12211              | 1992 | Brasil       | Norma Brasileira              | 150 a 250             | -                                      | -                 |
| PNCDA [2]              | 1998 | Brasil       | Convencional                  | 109                   | -                                      | 11                |
| Rodrigues              | 2005 | Vitória - ES | SIMIC                         | 155                   | 188                                    | 5                 |
|                        |      |              | BASC                          | 189                   | 218                                    | 6                 |
|                        |      |              | SECO                          | 223                   | 242                                    | 6                 |

Nota: [1] *Canada Mortgage and Housing Corporation* – Dados da edificação familiar  
[2] Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

per capita encontrados para ambos os edifícios estão dentro dos limites estabelecidos pela NBR 12211/92 de 150-250 L/hab./dia.

Compararam-se os índices obtidos com os levantados por Rodrigues (2005) em estudo realizado na mesma região, em três diferentes grupos de edificações: sem dispositivos economizadores (SECO), dotados de bacia sanitária caixa de descarga acoplada (BASC) e dotados de bacias sanitárias com caixa de descarga acoplada e sistema de medição individualizada do consumo de água (SIMIC). Os índices per capita de consumo de ambos os edifícios apresentaram-se superiores aos encontrados por Rodrigues (2005) para os tipos SIMIC e BASC e inferior ao SECO.

Quando comparados aos valores descritos pelo PNCDA (1998), os índices per capita de consumo de água encontrados na pesquisa apresentam-se bem maiores para os dois edifícios. Já o índice de consumo de água por área apresenta-se superior ao apresentado por CMHC (2001) para os dois edifícios avaliados, e bem menores quando comparados ao valor encontrado em pesquisas do PNCDA (1998). Já os índices obtidos de consumo por dormitório quando comparados aos encontrados por Berenhauser & Pulici (1983) e Mancityre (1996) mostram-se menores, principalmente para o Ed. dotado de reuso. O índice obtido para

o Ed. convencional ficou muito próximo do encontrado por Rodrigues (2005) para edificações do tipo SIMIC.

A demanda de água de reuso corresponde a cerca de 37% da oferta (Figura 7). O consumo per capita de água potável e de reuso dos apartamentos, sendo observado uma proporção de cerca de 25% de água de reuso (Figura 8). Quando analisado o consumo de água potável e de água de reuso no edifício como um todo (apartamentos e condomínio) a proporção de água de reuso aumenta para cerca de 26%. A observação das duas figuras confirma, ainda, uma tendência muito semelhante entre os dias da semana, que apresentam um consumo mais elevado e os finais de semana um consumo menor. A Setorização do consumo de água de reuso e água potável é apresentada na Figuras 9 e 10.

Foi observado um maior consumo de água de reuso na área comum, que engloba a rega da área permeável, a limpeza das garagens, escadas e área do condomínio; o consumo de água potável nesse setor não é muito significativo, visto que seu uso é destinado ao consumo dos empregados (Figuras 9 e 10). O consumo da área de lazer corresponde ao consumo do salão de festas, que possui área de churrasqueira, piscina e academia. Neste setor, o consumo de água potável é mais significativo que o consumo de água de reuso, uma vez que o



Figura 7 Oferta e demanda per capita de água cinza e de reuso

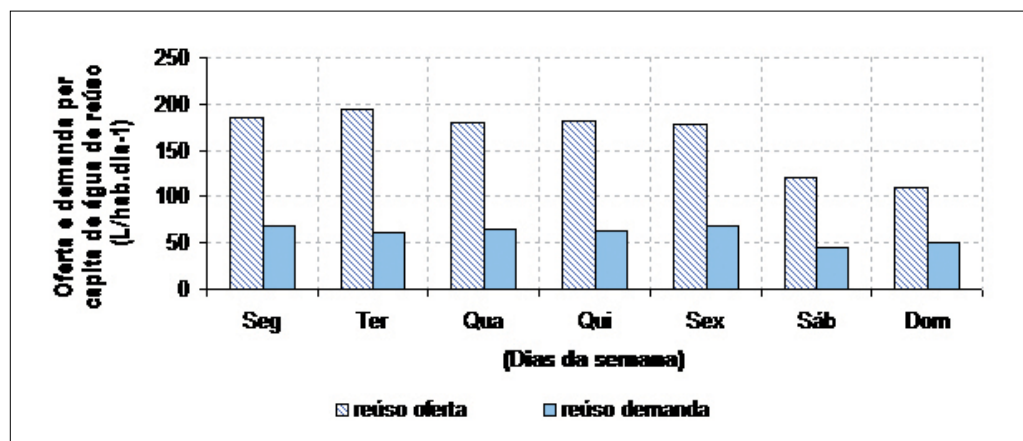


Figura 8 Consumo per capita de água potável e água de reuso

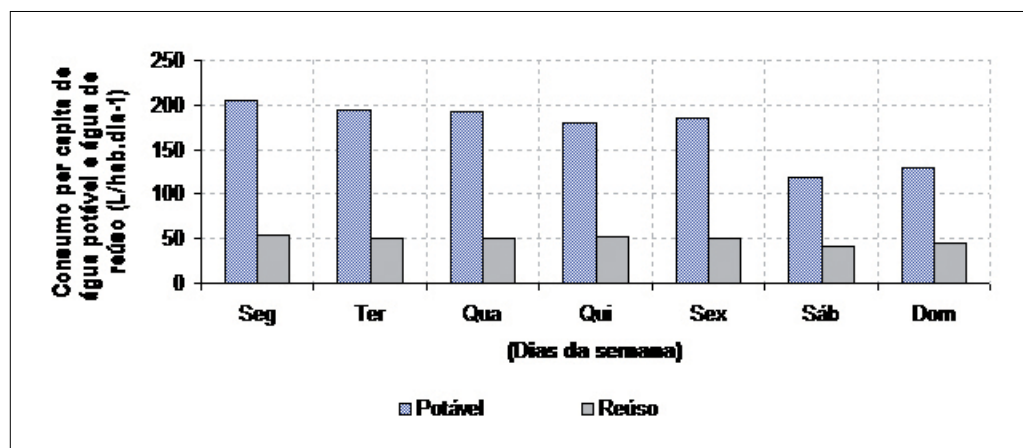


Figura 9 Setorização do consumo de água de reuso no edifício

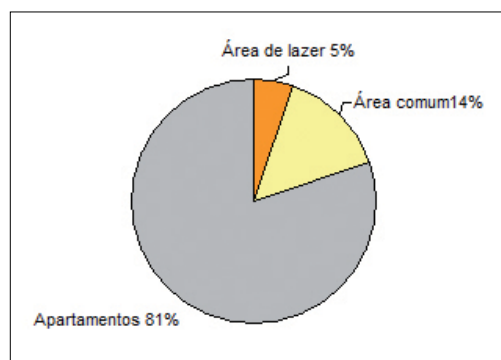
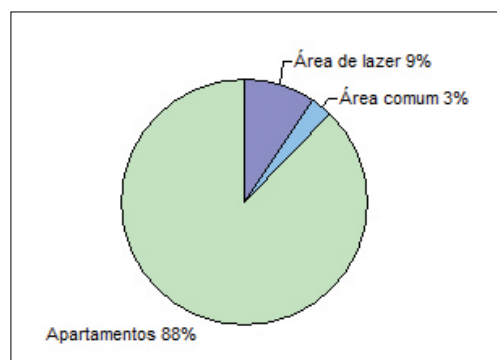


Figura 10 Setorização do consumo de água potável no edifício



reuso restringe-se a duas bacias sanitárias e uma torneira para limpeza. A setorização completa do consumo de água potável e água de reuso é apresentada na Figura 11.

Pode-se inferir então que o consumo mais representativo de água corresponde aos apartamentos, que consomem 64% de água potável e 19% de água não potável (uso na bacia sanitária). A parcela de água consumida pelo condomínio na área de lazer e na área de uso comum representa 17% do total, sendo 6% de água não potável (uso na bacia sanitária rega de jardins e lavagem de área comum).

### Consumo de Energia

A instalação do analisador de energia possibilitou setorizar o consumo de energia elétrica nos edifícios facilitando a identificação das áreas de maior demanda. As Figuras 12 e 13 apresentam, em termos energéticos, as porcentagens requeridas nos setores considerados da edificação.

É significativo o gasto energético das bombas de recalque no Ed. convencional, cerca de 8% do consumo total de energia da edificação, parcela que indica quanto o consumo de água representa na conta de energia e, em relação ao consumo apenas do condomínio, o consumo das bombas representa cerca de 25% (Figura 12). A demanda de energia do condomínio é responsável por aproximadamente 24% do total. Já os apartamentos, são os responsáveis pela maior parcela do consumo, cerca de 68%. Na Figura 13 observa-se que o gasto energético das bombas de recalque do Ed. dotado de reuso, nesse caso o consumo das bombas de água potável e de água de reuso, foi semelhante ao do Ed. convencional, correspondendo cerca de 7% do consumo total de energia da edificação. Contudo, a redução de energia demandada pelas bombas de recalque nessa edificação pode ser associada com a redução do consumo per capita de água. As bombas utilizadas na ETAC (uma para recirculação de lodo e outra para o aerador) representaram um gasto significativo de energia, cerca de 11% do consumo total. Os apartamentos ficaram com a maior parcela do consumo, cerca de 59%.

Avaliando o consumo total de água dos apartamentos juntamente com o consumo de energia

Figura 11 Distribuição do consumo de água nos setores da edificação dotada de reuso

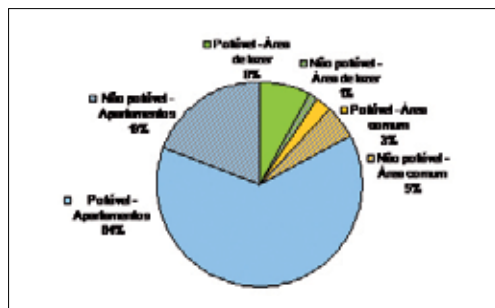


Figura 12 Setorização do consumo energético no Ed. Convencional

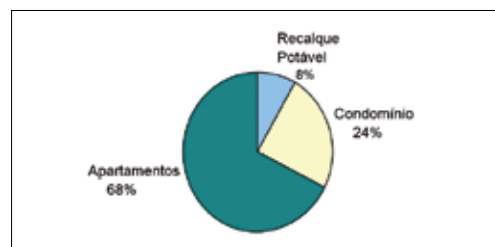
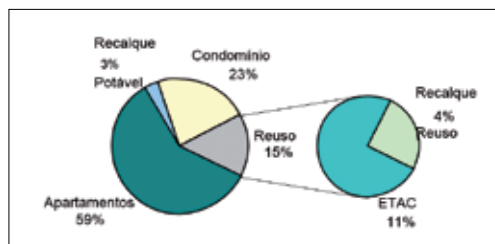


Figura 13 Setorização do consumo energético no Ed. dotado de reuso



das bombas de recalque, obtido pelo analisador de energia, foi possível estabelecer uma relação entre a quantidade de energia dispendida (kWh) e o volume (m<sup>3</sup>) de água recalcado, ou seja, consumido. Para o edifício convencional foi encontrado um consumo médio diário de cerca de 20m<sup>3</sup> de água e aproximadamente 28kWh de energia das bombas, o que possibilita estabelecer um indicador médio de consumo de 1,40kWh/m<sup>3</sup>. Para o Ed. dotado de reuso observou-se um consumo médio de cerca de 13m<sup>3</sup> de água e de 23kWh de energia das bombas, com esses dados foi obtido o indicador de 0,88kWh/m<sup>3</sup>.

Figura 14 Variação sazonal do consumo de energia nos apartamentos do Ed. convencional

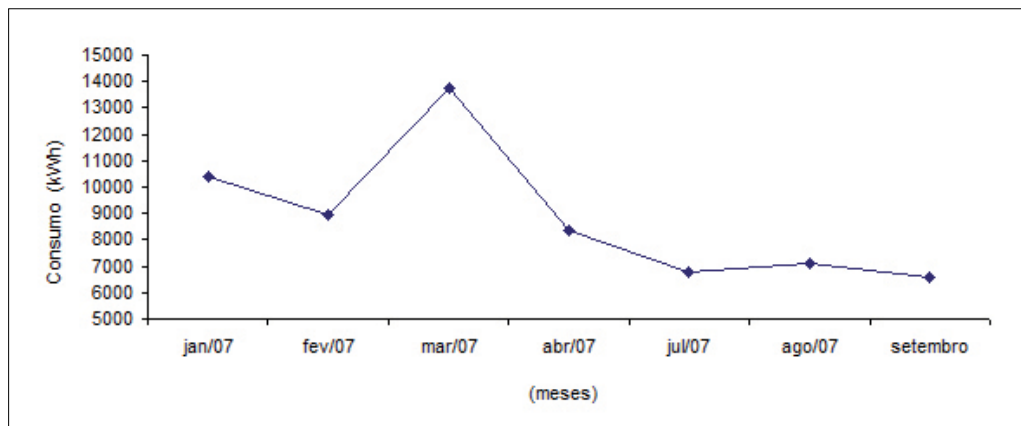
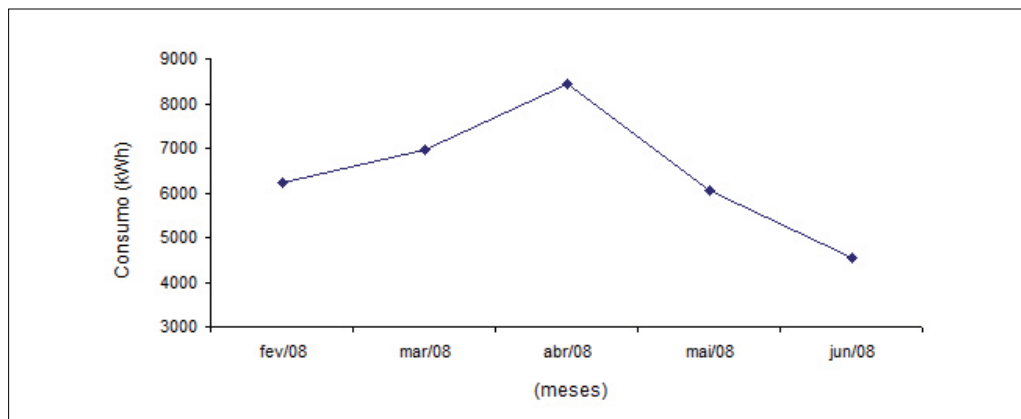


Figura 15 Variação sazonal do consumo de energia nos apartamentos do Ed. dotado de reuso



Avaliando-se a energia total demandada nos apartamentos, nota-se, na Figura 14, o perfil do consumo ao longo dos meses de verão e inverno para o Ed. convencional. A Figura 15 apresenta o consumo energético dos apartamentos para os meses de verão e para o primeiro mês do inverno no Ed. dotado de reuso. Nas Figuras 16 e 17 observa-se a variação das temperaturas máximas, mínimas e médias dos meses monitorados para o Ed. convencional e dotado de reuso respectivamente.

De acordo com Oliveira *et al.* (2000), o consumo de energia elétrica tem a característica de apresentar um marcante movimento sazonal e, no setor residencial, essa sazonalidade tem como caracte-

terística geral o fato de ter consumos maiores no verão e menores no inverno. Podemos observar tal comportamento nas Figuras 14 e 15. Além disso, avaliando concomitantemente os gráficos das Figuras 16 e 17, nota-se que as temperaturas mais extremas têm grande influência no consumo de energia. O mês de março de 2007 apresentou um pico no consumo de energia e maior temperatura máxima, 32,2°C (INMET). Já os meses do inverno de 2007 apresentaram temperaturas mínimas bem semelhantes e pequena variação no consumo de energia (Figuras 14 e 16).

Um comportamento aparentemente atípico é a queda do consumo de energia no mês de feve-

Figura 16 Variação das temperaturas máximas, mínimas e médias para o Ed. convencional

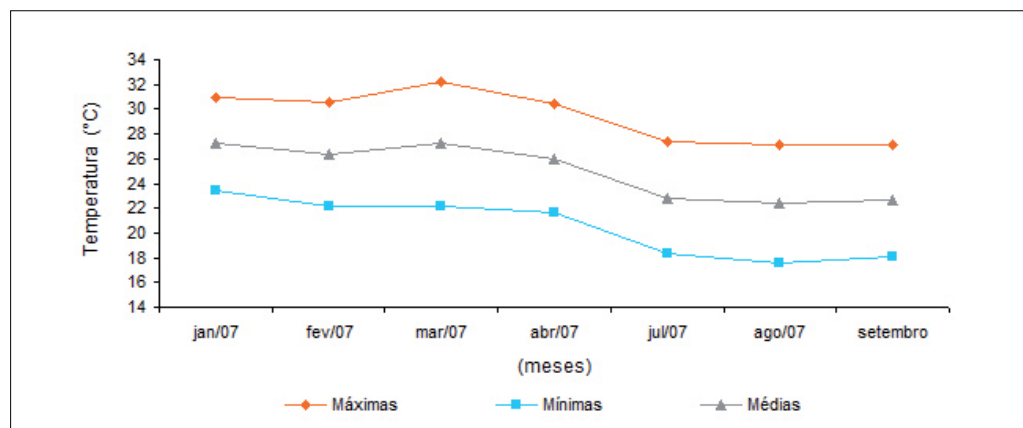
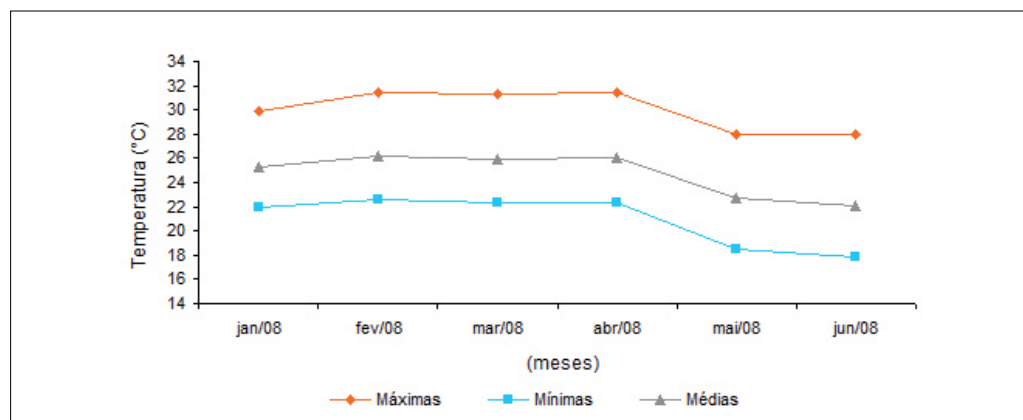


Figura 17 Variação das temperaturas máximas, mínimas e médias para o Ed. dotado de reuso



reio. No entanto, esse fato pode ser explicado quando se analisa outros fatores, além da temperatura, que influencia no consumo de energia elétrica. Pode-se citar, dentre esses fatores, o comportamento dos usuários, que nesse período aproveitam férias escolares e feriado prolongado para viajar, reduzindo a demanda por energia nos apartamentos. Para o Ed. dotado de reuso pode-se observar um consumo elevado no verão com um pico de consumo no mês de abril de 2008 e um decaimento desse consumo no primeiro mês de inverno avaliado. É possível notar também que o mês de abril apresentou além de um pico de consumo energético a maior temperatura máxima, 31,4°C (INMET). Pode-se verificar, ainda, a dimi-

nuição da temperatura no primeiro mês de inverno avaliado (Figuras 15 e 17).

A correlação entre o consumo de energia dos apartamentos e a temperatura ambiente foi realizada por meio de regressão, foram considerados os períodos de verão e inverno para o Ed. convencional e somente verão para o Ed. dotado de reuso. No Ed. convencional nota-se que no verão, para faixas altas de temperatura, consumo energético e temperatura estão correlacionados ( $R^2=0,9967$ ). Fato esse explicado pela utilização de ventiladores e principalmente de aparelhos de ar condicionado, cujo uso é marcante em grupos sociais de maior renda. O mesmo estudo foi

realizado para os meses de inverno, porém, não foi observada a correlação entre consumo de energia e temperatura ( $R^2=0,6379$ ). Além disso, o consumo de energia no inverno aumentou com a queda da temperatura, porém, quando se analisa a média do consumo de energia demandada nos apartamentos nas duas estações do ano, nota-se que a média de consumo no inverno é ainda bem inferior a do verão. Tem-se para o verão um consumo médio de 10356 kWh e para o inverno 6833 kWh, o que indica a redução de aproximadamente 34% no consumo de energia no inverno no Ed. convencional.

Para o Ed. dotado de reuso não foi observada correlação entre consumo de energia e temperatura no verão e no inverno.

## Conclusão

Uma estreita correlação entre o consumo de água e o consumo de energia nas duas edificações foi observado nesse estudo, conforme já se esperava. Entretanto, os indicadores de consumo de energia incorporada à água calculados para as duas edificações foram bem superiores aos mesmos indicadores aplicados aos sistemas públicos de abastecimento de água. A partir do monitoramento energético foi obtido um indicador de consumo energético na edificação convencional de 1,40 kWh/m<sup>3</sup>. Foi possível, ainda, com o cálculo desse indicador quantificar quanto custa na conta de água a parcela de energia necessária ao recalque (R\$0,19/hab.dia-1). Para a dotada de reuso esses valores foram de 0,88 kWh/m e R\$0,07/hab.dia-1. Isso indica que um esforço importante deve ser empreendido para controlar o gasto de energia no suprimento de água nas edificações residenciais multifamiliares, que pode ser muito superior ao registrado nos sistemas coletivos.

## Referências

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12211**: Estudo de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento. Rio de Janeiro, 1992.
- BAPTISTA, F. R. da M. **Caracterização física e comercial do lixo urbano de Vitória-ES, em função da classe social da população geradora**. 2001. 263 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2001.
- BERENHAUSER, C. J. B.; PULICI, C. Previsão de Consumo de água por tipo de Ocupação do Imóvel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12., 1983, Balneário de Camboriú, Santa Catarina. **Anais...** Santa Catarina, ABES, 1983.
- CMHC - Canada Mortgage and Housing Corporation**. Disponível em: <[http://www.cmhc-schl.gc.ca/en/inpr/su/waco/waar/waar\\_001.cfm](http://www.cmhc-schl.gc.ca/en/inpr/su/waco/waar/waar_001.cfm)>. Acesso em: 15 out. 2008.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 23 out. 2008.
- JERFFERSON, B.; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPPERSON, T.; JUDD, S. Technologies for domestic wastewater recycling. **Urban Water**. v. 1, n. 4, p. 285-292, 1999.
- MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 3 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1996.
- MAYER, P. W.; DEOREO, W. B. Residential End Uses of Water. **American Water Works Association (AWWA) Research Foundation**, Denver, 310 p., 1999.
- NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-story buildings – over ten years experience in Berlin. **Urban Water**. v. 1, n. 4, p. 275-284, 1999.
- OLIVEIRA, A. de; SILVEIRA, G. B.; BRAGA, J. de M. Diversidade Sazonal do Consumo de Energia Elétrica no Brasil. **Pesq. Plan. Econ.**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 2, p. 211-258, 2000.
- Prefeitura Municipal de Vitória. **Dados de IQU – Índice de Qualidade Urbana**. Disponível em: <<http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/indicadores/iqu/iqu.asp>>. Acesso em: 26 ago. 2015.
- Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA**, 1998. Disponível em: <<http://www.pncda.gov.br/>>. Acesso em: 15 out. 2008.
- RODRIGUES, L. C. S. **Avaliação da eficiência de dispositivos economizadores de água em edifícios residenciais em Vitória-ES**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da

Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Brasília, 2014.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 2 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

ZORZAL, F. M. B. **Indicador de qualidade ambiental urbana para o município de Vitória**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1998.

# Um novo modelo de estação de tratamento de esgoto sanitário superavitário em energia

---

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – BRASIL

Ludimila Zotele Azeredo

---

FLUXO MÁQUINAS E EQUIPAMENTO LTDA EPP – BRASIL

Ricardo Franci Gonçalves

## Introdução

Nos últimos anos, a escassez de água é uma das preocupações centrais das políticas ambientais de vários países, juntamente com as questões climáticas e a produção de energia alternativa. Nesse contexto, o gerenciamento do esgoto sanitário produzido nas áreas urbanas representa uma preocupação crescente, sobretudo devido ao aumento rápido da sua produção após a segunda metade do século 20. O esgoto sanitário contém gases dissolvidos, matéria orgânica, sólidos suspensos, nutrientes (fósforo e nitrogênio) e organismos patogênicos (KHAN *et al.*, 2011). A sua disposição inadequada no meio ambiente pode causar a eutrofização ou depleção de oxigênio em lagos e rios, o que torna obrigatório o seu tratamento.

No entanto, considerando-se a necessidade de ampliação da cobertura dos sistemas de saneamento em todo o planeta, estações de tratamento de esgoto (ETEs) caracterizadas pelo baixo custo de implantação e operação, eficiência e baixo impacto ambiental possuem interesse estratégico (YAAKOB *et al.*, 2011). Atualmente, as tecnologias de tratamento biológico aeróbio são as mais utilizadas para o tratamento de esgoto sanitário nos países desenvolvidos. Dentre os processos mais conhecidos, os lodos ativados são alvo de maior preferência, por serem capazes de atingir elevadas eficiências de remoção de matéria orgânica (> 90% DBO5) e serem adaptáveis à remoção de nitrogênio e fósforo. Em que pesem tais vantagens, os lodos ativados produzem muito lodo e consomem muita energia, além de gerarem como subproduto uma mistura de gases formada principalmente por gás carbônico, o que desfavorece seu aproveitamento energético e contribui para o efeito estufa (ELLER, 2013). Ademais, nesse tipo de processo a aeração consome de 45 a 75% do total dos custos de operação, atingindo em média um consumo de 0,6 kWh/m<sup>3</sup> de esgoto tratado quando não há remoção de nutrientes (POSADAS *et al.*, 2015).

Por outro lado, o tratamento anaeróbio é uma opção atraente para o tratamento de esgoto sanitário nos países de clima quente, pois temperaturas superiores a 20 °C favorecem o metabolismo dos microrganismos envolvidos na depuração (LEW *et al.*, 2011). ETEs dotadas de processos anaeróbios encontram ampla aceitação de mercado em países como o Brasil, e são hoje a opção preferencial para o tratamen-

to de esgoto quando são considerados critérios de sustentabilidade no cotejo de opções (SOUZA, 2010).

Embora menos eficientes na remoção de matéria orgânica do esgoto (<70% DBO5), os reatores anaeróbios de alta taxa como o UASB apresentam inúmeras vantagens: um balanço energético favorável por meio da recuperação do biogás, composto por aproximadamente 70% de metano (TORRES, 2014), menor produção de lodo, menor custo de implantação, operação e manutenção do sistema, maior carga volumétrica, dentre outras (KHAN *et al.*, 2013). Em decorrência disso, os reatores anaeróbios do tipo UASB permitem a concepção de sistemas de tratamento de esgoto com maior sustentabilidade, alta produtividade energética, baixos custos de implantação e operação e, conseqüentemente, menores impactos ambientais (TORRES, 2014).

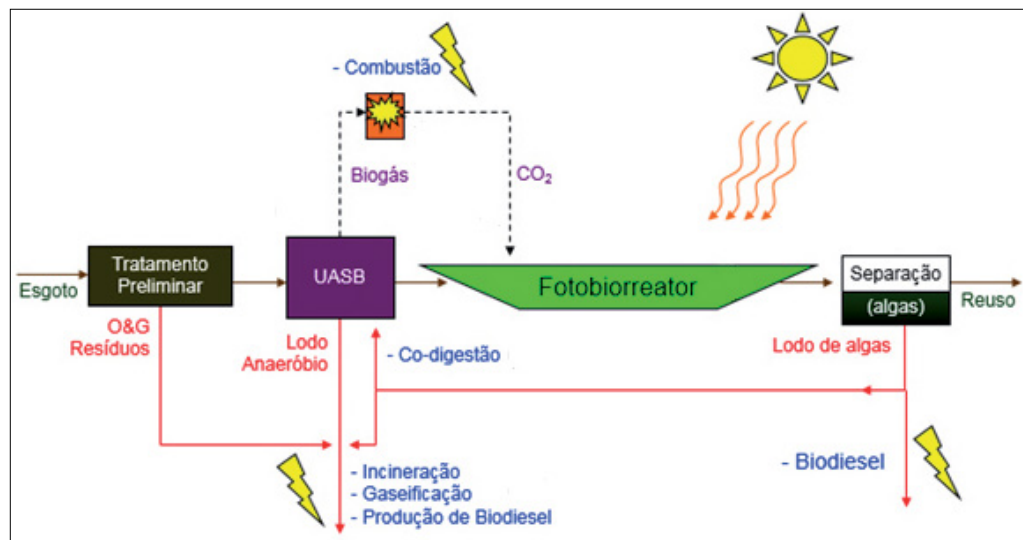
O biogás é uma mistura gasosa combustível, produzida na fase metanogênica do metabolismo anaeróbio, que converte acetato e hidrogênio em metano e gás carbônico (PECORA, 2006; CHERNICHARO, 2007). Nos reatores anaeróbios de tratamento de esgotos domésticos, normalmente apresenta composição com 70 a 80% de metano, 5 a 10% de dióxido de carbono e de 10 a 25% de nitrogênio (ELLER, 2013). Em decorrência disso, é considerado um biocombustível estratégico em muitos países (HOLM-NIELSEN; SEADI; POPIEL, 2009).

Entretanto, o efluente final de um reator UASB frequentemente não apresenta conformidade com padrões de lançamento de efluentes tratados estabelecidos por várias agências ambientais (KHAN *et al.*, 2011). Nesses casos, uma etapa de pós-tratamento se faz necessária para a remoção de componentes orgânicos remanescente, além dos nutrientes nitrogênio e o fósforo do efluente anaeróbio (RAZ-ZAK *et al.*, 2013). Dentre as opções para o pós-tratamento do efluente UASB, as lagoas de alta taxa constituem uma das alternativas mais atraentes, uma vez que mantêm a simplicidade e o baixo custo típico dos reatores anaeróbios (KHAN *et al.*, 2011; VON SPERLING; CHERNICHARO, 2005; SILVA, 2009).

Apesar da elevada eficiência de tratamento do conjunto UASB + Lagoa de alta taxa, a necessidade de implementação de uma etapa de tratamento terciário pode ocorrer, devido às concentrações elevadas de nutrientes e sólidos em suspensão (bactérias e



Figura 1 Esquema do projeto de produção de microalgas em estações de tratamento de esgoto



Fonte: Gonçalves, 2007

algas) no efluente final (CRUZ, 2005). A remoção de algas do efluente final e o controle da emissão de compostos odorantes são exigências frequentes por parte dos órgãos de controle ambiental no Brasil, sobretudo nas regiões sensíveis à eutrofização.

Ocorre que, devido ao interesse concreto de geração de combustíveis de segunda geração a partir de microalgas, a recuperação do excesso de algas a partir de processos para tratamento de águas residuárias passa a assumir interesse estratégico (SCHENK *et al.*, 2008). Mais do que isso, é essencial que se considere as águas residuárias como importante fonte de energia química, cujo aproveitamento impõe modificações profundas nas configurações e nas rotinas de operação e de manutenção das estações de tratamento. Esgotos sanitários urbanos contêm em média 50 g/m<sup>3</sup> de nitrogênio, sendo que cada m<sup>3</sup> pode contribuir para a formação de 0,5 kg de biomassa para extração de biocombustível.

Esse trabalho apresenta uma configuração de estação de tratamento de esgoto que baseia-se no reciclagem de nutrientes derivados de esgotos sanitários para a geração de biocombustível, convertendo, assim, um fator desperdício de recursos e energia em sub-produtos aproveitáveis com amplos benefícios ambientais (GONÇALVES, 2007). Adicionalmente, os resíduos e efluentes de sistemas de tratamento de esgotos poderiam ser redu-

zidos e sua qualidade final incrementada visando atender todos os aspectos da legislação referente ao reuso de águas residuárias para fins produtivos e para lançamento em corpos d'água receptores.

## Material e métodos

### Descrição do Sistema e análises dos fluxos

O desempenho do sistema apresentado na figura 1 foi simulado visando estimar o seu potencial energético, assim como os fluxos de entrada e saída do sistema. A princípio o esgoto bruto é captado e submetido a um tratamento preliminar com o objetivo de remover sólidos grosseiros e em suspensão. Em seguida é direcionado ao reator UASB para a digestão anaeróbia de grande parte da matéria orgânica dissolvida. O efluente do UASB é encaminhado para uma etapa de pós-tratamento na lagoa de alta taxa, que tem como objetivo a degradação da matéria orgânica remanescente e remoção de nutriente (nitrogênio e fósforo). Nesta etapa os nutrientes presentes no efluente constituem-se em substrato as microalgas, assim como o gás carbônico produzido na combustão do biogás produzido no UASB. Na simulação foi considerada a alimentação do sistema exclusivamente com esgoto sanitário com características médias, representando contribuições per capita de 100g de DQO, 8g de N e 1g de P por habitante (VON SPERLING, 2005).

**Tabela 1** Equações utilizadas para o cálculo da remoção/transformação/conservação das espécies química utilizadas no balanço de massa

| PARÂMETRO               | EQUAÇÕES   | NOMENCLATURA   |
|-------------------------|--|--|
| DQO <sub>removida</sub> | $DQO_{rem}^* = DQO_{af}^* \times \eta_{DQO}^*/100$ | $DQO_{rem}^*$ = DQO afluente ao reator e removida no mesmo (mg/L);<br>$DQO_{af}^*$ = DQO afluente ao reator (mg/L);<br>$\eta_{DQO}^*$ = Eficiência de remoção de DQO no reator (%);              |
| DQO <sub>efluente</sub> | $DQO_{ef}^* = DQO_{af}^* - DQO_{rem}^*$            | $DQO_{ef}^*$ = DQO que sai dissolvida no efluente do reator (mg/L);<br>$DQO_{af}^*$ = DQO afluente ao reator (mg/L);<br>$DQO_{rem}^*$ = DQO removida no reator (mg/L);                           |
| N <sub>removida</sub>   | $N_{rem}^* = N_{af}^* \times \eta_N^*/100$         | $N_{rem}^*$ = Nitrogênio afluente ao reator e removida no mesmo (mg/L);<br>$N_{af}^*$ = Nitrogênio afluente ao reator (mg/L);<br>$\eta_N^*$ = Eficiência de remoção de Nitrogênio no reator (%); |
| N <sub>efluente</sub>   | $N_{ef}^* = N_{af}^* - N_{rem}^*$                  | $N_{ef}^*$ = Nitrogênio que sai dissolvido no efluente do reator (mg/L);<br>$N_{af}^*$ = Nitrogênio afluente ao reator (mg/L);<br>$N_{rem}^*$ = Nitrogênio removido no reator (mg/L);            |
| P <sub>removida</sub>   | $P_{rem}^* = P_{af}^* \times \eta_P^*/100$         | $P_{rem}^*$ = Fósforo afluente ao reator e removida no mesmo (mg/L);<br>$P_{af}^*$ = Fósforo afluente ao reator (mg/L);<br>$\eta_P^*$ = Fósforo de remoção de Nitrogênio no reator (%);          |
| N <sub>efluente</sub>   | $P_{ef}^* = P_{af}^* - P_{rem}^*$                  | $P_{ef}^*$ = Fósforo que sai dissolvido no efluente do reator (mg/L);<br>$P_{af}^*$ = Fósforo afluente ao reator (mg/L);<br>$P_{rem}^*$ = Fósforo removido no reator (mg/L);                     |

\*representa o reator de tratamento, podendo representar o reator UASB e o Sistema de lodos ativados.

Os fluxos de DQO N e P foram calculados a partir dos fluxos de entrada, as eficiências de conversão e/ou remoção e os fluxos de saída de cada processo componente do sistema de tratamento. As eficiências de remoção foram estabelecidas com base na literatura especializada. As equações utilizadas no balanço de massa de cada processo encontram-se relacionadas na tabela 1.

O balanço de massa e energia para o sistema foi simulado para uma população de 20.000 habitantes e uma vazão 40 L.s<sup>-1</sup> (0,02 L.s<sup>-1</sup>/hab), desenvolvido a partir dos princípios da conservação da matéria por meio do percentual de remoção de matéria orgânica, o aporte de nutrientes, a conversão de biomassa algácea e sua co-digestão para maximizar a produção de biogás no sistema e aumentar o potencial energético do sistema. A produção de sólidos é função do coeficiente de produção de sólidos suspensos totais (Y). Há de se observar que, quanto maior for a quantidade de lodo gerada, menor será a quantidade de matéria orgânica convertida em metano. Portanto, a fim de evitar superestimar a produção de metano, será adotado  $Y = 0,20 \text{ kgDQO}_{\text{lodo}}/\text{kgDQO}_{\text{aplicada}}$ . De acordo com Von Sperling, (2005), o reator UASB normalmente apresenta eficiências médias de remoção de DQO de 70%, de nitrogênio igual a 50% e de fósforo igual a 30%.

### Disponibilidade energética no reator UASB

A produção de metano foi estimada pela metodologia proposta por Souza (2010) (Tabela 2). Segundo Van Haandel e Lettinga (1994), as perdas reais de metano em reatores UASB podem variar de 20 a 50 % da produção teórica, em função da saída de metano dissolvido no efluente e da transferência do gás da superfície de água no reator para a atmosfera.

Tomando-se por base o estudo realizado PIERROTTI (2007), foi considerada no balanço de massa a ocorrência de 25% de perda na produção teórica de metano por. Logo, a Disponibilidade Energética (DIE) na forma de biogás foi calculada a partir da equação 1.

#### Equação 1

$$DIE(\text{kcal}/\text{hab.d}) = Q'_{\text{biogás}} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{hab.d}} \right) \cdot 8200 \left( \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3} \right)$$

DIE = Disponibilidade Energética *per capita* (kcal/hab.d);

$Q'_{\text{biogás}}$  = Produção Volumétrica *per capita* de biogás purificado (m<sup>3</sup>/hab.d).

### Produção de biomassa algácea na lagoa de alta taxa

A produção da biomassa algácea foi estimada de acordo Park *et al.* (2010), a partir da taxa máxima de conversão fotossintética da luz solar. Foi pre-

**Tabela 2** Equações para a estimativa da geração de metano e biogás no UASB

| PARÂMETRO                         | EQUAÇÕES   | NOMENCLATURA  |
|-----------------------------------|--|---|
| Vazão de metano capturado no UASB | $Q_{CH_4 cap} = \frac{DQO_{rem}^{UASB} \times \eta_{cap. CH_4}}{K(t)}$ | $Q_{CH_4 cap}$ = Vazão de metano capturado no reator do UASB em forma de biogás (mL/L de esgoto);<br>$DQO_{rem}^{UASB}$ = DQO removida no reator UASB (mg/L);<br>$\eta_{cap. CH_4}$ = Parcela de todo o metano produzido no UASB capturada como biogás (%);<br>$K(t)$ = Fator de correção para temperatura operacional do reator; |
| Vazão de biogás capturado no UASB | $Q_{biogás cap} = \frac{Q_{CH_4 cap}}{C_{CH_4 biogás}} \times 100$     | $Q_{biogás cap}$ = Vazão de biogás capturado no UASB (mL/L de esgoto);<br>$Q_{CH_4 cap}$ = Vazão de metano capturado no reator do UASB em forma de biogás (mL/L de esgoto);<br>$C_{CH_4 biogás}$ = Concentração de metano no biogás (%volume/volume);   |

**Tabela 3** Concentrações e eficiências de remoção de DQO dos sistemas

| PARÂMETRO | BRUTO        | UASB         |      | LAGOA        |      | SISTEMA |
|-----------|--------------|--------------|------|--------------|------|---------|
|           | Conc. (mg/L) | Conc. (mg/L) | E(%) | Conc. (mg/L) | E(%) | E(%)    |
| DQO       | 243          | 201          | 63   | 130          | 65   | 90      |
|           | 600          | 180          | 70   | 73           | 59   | 95      |

Fonte Mascarenhas et al., 2004; valores dessa pesquisa

vista a perda de biomassa devido à respiração endógena e à sedimentação, o que representa aproximadamente 10% da produtividade. Também foi simulada a adição de  $CO_2$ , proveniente da queima do biogás produzido no UASB, e para tanto estimou-se um incremento de 30% na produção de biomassa algácea.

Foi calculada a demanda de área *per capita* para a obtenção da produção *per capita*, com base em um tempo de detenção hidráulica de 4 dias e profundidade de 40 cm de lâmina d'água na lagoa de alta taxa.

Os parâmetros DQO, N e P são de extrema importância na lagoa de alta taxa visto que eles interferem na produtividade da biomassa e na qualidade do efluente final. É importante diferenciar a eficiência de remoção total da eficiência da biomassa colhida/separada. Assumiu-se que o sistema apresenta eficiências de remoção total de 75% de N e 80% de P. Entretanto, considerando-se uma eficiência de separação sólido - líquido de 88%, as eficiências de remoção após a coleta da biomassa será de 66% de N e 70% de P. No que tange as fontes de carbono inorgânico para algas, existem duas possibilidades: o  $CO_2$  proveniente da queima do biogás e a matéria orgânica remanescente no efluente do UASB. Para a DQO, admitiu-se uma eficiência de remoção total de 75% e a uma eficiência de remoção para separação de 66%.

### Produção de energia a partir da biomassa de microalgas coletada

A produção adicional de biogás no UASB, devido à digestão anaeróbia da biomassa de microalgas, foi calculada a partir da produção de biomassa algácea *per capita* coletada. Foi adotada a geração de metano de 0,21 L/GSV e a relação SSV/SST de 0,85. A Disponibilidade Energética (DIE) na forma de biogás, proveniente do UASB após a digestão anaeróbia da biomassa algácea, foi calculada através da equação 4.1. Segundo Craggs (2005), o gasto de energia com o rotor de eixo horizontal da lagoa de alta taxa não ultrapassa 0,57 kWh/kgDQO<sub>tratada</sub> valor utilizado para a estimativa da DEE do rotor. Dada a carga de 0,216 gDQO/hab.d no esgoto bruto e a eficiência de 70 % na remoção de DQO no UASB, foi calculada a carga aplicada na lagoa de alta taxa e, a partir desta, a DEE do sistema.

### Potencial energético do sistema

O potencial energético do sistema de tratamento baseia-se na quantidade de biogás que é produzido durante o processo de digestão anaeróbia e o quanto dessa energia faz-se necessário ao gasto energético do sistema. A demanda energética do sistema pode ser atendida pelo aproveitamento do biogás gerado no reator UASB, com ou sem o incremento na produção ocasionado pela diges-

**Tabela 4** Percentual de remoção de cada parcela para os parâmetros DQO, N e P

| SISTEMA  | Parâmetro | PARCELAS |          |       |
|----------|-----------|----------|----------|-------|
|          |           | Lodo     | Efluente | Ar    |
| UASB     | DQO       | 17%      | 30%      | 52%   |
|          | N         | 49%      | 50%      | 0,05% |
|          | P         | 70%      | 30%      | -     |
| UASB+LAT | DQO       | 81%      | 5%       | 14%   |
|          | N         | 88%      | 8%       | 3%    |
|          | P         | 92%      | 8%       |       |

tão da biomassa microalgas. Neste sentido, para comparação com outros sistemas, utilizou-se o cálculo do Índice de Retorno Energético sobre o Investimento (EROI), ou seja, a razão entre a quantidade de energia que entra no sistema pela quantidade de energia demandada pelo sistema.

### Resultados e discussões

Após a etapa de pós-tratamento realizada pela lagoa de alta taxa, os cálculos indicaram eficiências de remoção de 95% da DQO, 92% de N e 92% de P. Isso indica que a lagoa de alta taxa é capaz de remover adicionalmente 25% de DQO, 42% de N e 62% e P do efluente do UASB. Mascarenhas *et al.*, (2004) avaliaram o desempenho de lagoas de polimento rasas, em série, para o pós-tratamento de efluente de reator UASB, e constataram que o pós-tratamento do efluente do reator UASB por meio da lagoa de alta taxa mostrou-se altamente eficiente na remoção de matéria orgânica e nutrientes nitrogênio e fósforo. Neste estudo, não houve a adição ao líquido de CO<sub>2</sub> proveniente da queima do biogás produzido no UASB, como é o caso do projeto em questão (Tabela 3).

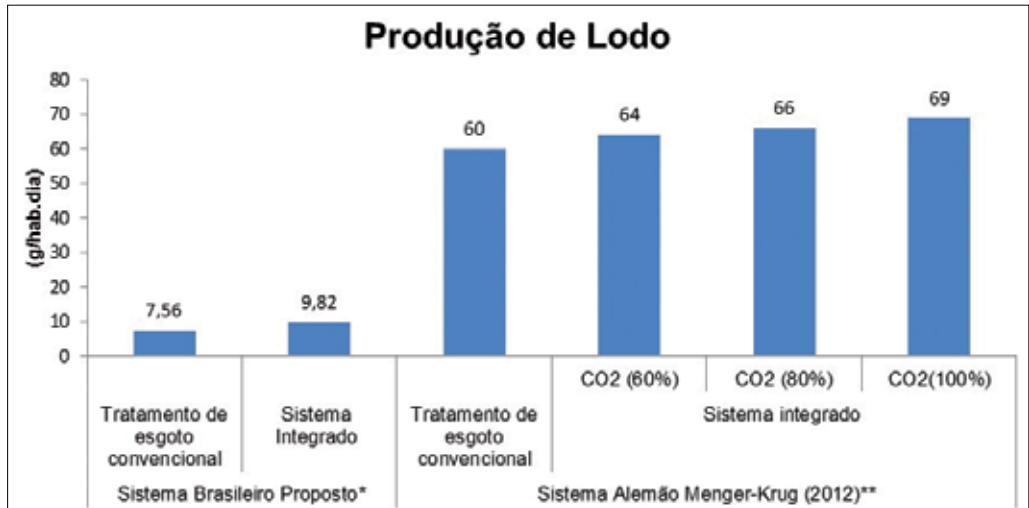
Em estudos sobre lagoas de alta taxa como pós-tratamento de reatores anaeróbios, Monteggia e Zancan Filho (2001) constataram uma remoção média global de DQO 53%. Godos *et al.*, (2010) analisaram a influência da adição de gás de combustão sobre o desempenho de lagoas de algas alta taxa para o pós-tratamento de efluentes agroindustriais e verificaram uma remoção de DQO de 66% no sistema, comprovando os satisfatórios. Comparativamente, os fluxos de saída e a conversão interna ao sistema ora proposto, após adição de CO<sub>2</sub> na lagoa de alta taxa, indicam das cargas iniciais apenas 5% de DQO, 8% de N e 8% de P permanecem no efluente final.

Os resultados encontrados podem ser comparados também com valores encontrados por Menger-Krug *et al.*, (2012), que propuseram na Alemanha a integração de um sistema de microalgas a uma estação de tratamento de esgoto e analisaram o potencial energético e as emissões dos fluxos ao longo do sistema. O sistema alemão difere do sistema proposto por essa pesquisa, principalmente, quanto ao tipo de tratamento biológico secundário, que naquele caso foi constituído por um processo de lodos ativados. Além disso, eles consideraram o uso de CO<sub>2</sub> produzido pelos lodos ativados e o gás da combustão do biogás proveniente da digestão anaeróbia do lodo aeróbio, além do CO<sub>2</sub> sequestrado do meio. No estudo foram analisados três diferentes cenários para a adição de CO<sub>2</sub> nas lagoas: 60%, 80% e 100% do CO<sub>2</sub> disponível.

Quando comparado com o sistema brasileiro, que utiliza somente o CO<sub>2</sub> proveniente da queima do biogás produzido no UASB e CO<sub>2</sub> sequestrado do meio, a remoção de matéria orgânica e nutrientes do sistema alemão apresentou eficiências globais menores. Menger-Krug *et al.*, (2012) constataram que a medida que se aumentou a injeção de CO<sub>2</sub> no sistema integrado a eficiência de remoção de C, N e P diminuiu, demonstrando que a adição de CO<sub>2</sub> nesse tipo de sistema precisa ser controlada. Para o cenário alemão em que ocorreu a adição de 100% do CO<sub>2</sub> disponível, 17% de C, 35% de N e 22% do P permaneceram no efluente final do sistema. No sistema brasileiro, estimou-se que apenas 5% de DQO, 8% de N e 8% de P permaneceriam no efluente (Tabela 5). Portanto, esses resultados indicam que a eficiência global do sistema brasileiro é superior no que se refere à redução de matéria orgânica e de nutrientes do esgoto sanitário. A produção de lodo no reator UASB foi estimada em 7,56 g/hab. dia e, após a digestão da biomassa algal, em 9,82 g/hab.dia, valores esses muito inferiores aos obtidos por Menger-Krug *et al.*, (2012) (Figura 2).

Considerando-se a eficiência de remoção de matéria orgânica no UASB, uma perda de 25% na produção volumétrica e o teor de 80% de metano no biogás, estima-se uma vazão de 120 ml de CH<sub>4</sub>/L de esgoto tratado e de 96 ml de biogás/L de esgoto tratado. Isso representa uma produção *per capita* de 35 L<sub>CH<sub>4</sub></sub>/hab.dia de metano de 43 L<sub>biogás</sub>/hab.dia de biogás. A disponibilidade energética no reator

Figura 2 Produção de lodo no reator UASB



\*Sistema Brasileiro: Tratamento de esgoto por meio da digestão anaeróbia (Reator UASB), seguido de lagoa de alta taxa e sistema de separação algal, com adição de CO<sub>2</sub> proveniente da queima do biogás produzido na digestão anaeróbia e co-digestão da biomassa algal.

\*\* Sistema Alemão: Tratamento de esgoto doméstico constituído por tratamento preliminar, sistemas de lodos ativados seguidos de sistema de microalgas (produção e separação) e digestão anaeróbia da biomassa.

Tabela 5 Produtividade algal de sistemas a base de efluente de esgoto sanitário

| AUTOR                          | PRODUÇÃO TOTAL POR ÁREA (g/m <sup>2</sup> .d) |
|--------------------------------|---|
| BENEMANN, 1986                 | 18,4  |
| SHELEF, 1982                   | 33 - 35                                       |
| PARK E CRAGGS, 2010            | 25  |
| OSWALD, 1987                   | 15,3  |
| CROMAR <i>et al.</i> , 1996    | 18  |
| GARCÍA <i>et al.</i> , 2006    | 12,7  |
| BANAT <i>et al.</i> , 1990     | 14,8  |
| LUNDQUIST <i>et al.</i> , 2010 | 25-30   |
| COLLET <i>et al.</i> , 2011    | 25-30   |

Fonte Menger-Krug *et al.*, (2012)

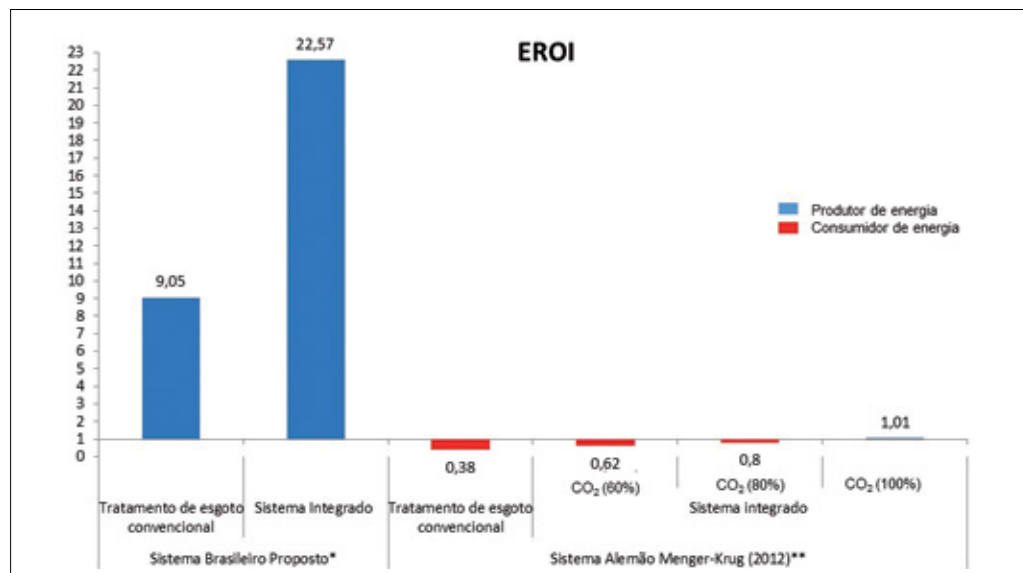
UASB em termos de produção de biogás purificado, dado o poder calorífico inferior do biogás de 8200 kcal/m<sup>3</sup><sub>biogás</sub> foi 136,4 kcal/hab.dia, ou seja, 6,6 Watts por habitante (W/hab). O reator anaeróbio proposto por esta pesquisa, sem a integração com o sistema de microalgas, é capaz de gerar um volume de biogás 50,7% maior que o sistema proposto por Menger-Krug *et al.*, (2012), que estimou produção de biogás de 23L/hab.dia.

No sistema proposto, foi estimada uma produtividade de algácea de 18,29 g/m<sup>2</sup>\*dia. Para a eficiência de separação da biomassa algácea lagoa de 88%, estima-

se uma perda de 12% de biomassa por sedimentação, por respiração endógena e devido às perdas para a atmosfera. Em decorrência disso, obteve-se uma produção de 16,1 g/m<sup>2</sup>.d de biomassa microalgas. Admitindo segundo Park *et al.*, (2010), que a adição de CO<sub>2</sub> na lagoa de alta taxa aumenta cerca de 30% a produção, estimou-se uma produção de biomassa de 20,9 g/m<sup>2</sup>.d. Essa produção de biomassa de microalgas é coerente com os valores obtidos em outros estudos que utilizam efluente de esgoto como meio para o crescimento das microalgas (Tabela 5).

Para efeito de estimativa da produção de biomassa algácea, a demanda de área *per capita* foi estimada em 1,72 m<sup>2</sup>/hab, o que resulta em uma produção *per capita* de 31,8 g/hab.d. A concentração de Sólidos Suspensos (SS) na lagoa de alta taxa foi estimada em 209,2 mgSS/L. A partir da relação SSV/SST de 0,85 obtida na literatura, a produção de biomassa algácea total de 31,8 equivale a 27,0 gSSV/hab.d de sólidos voláteis. Considerando que a digestão anaeróbia da biomassa algácea gera 0,21 L<sub>CH<sub>4</sub></sub>/gSV, estimou-se a produção adicional de 6,81 L/hab.d de metano no reator UASB. Portanto, a produção total de biogás no reator UASB (calculada em 34,7 L/hab.d de produção de biogás), após a co-digestão da biomassa algácea foi de 41,5 L/hab.d. Menger-Krug *et al.*, (2012) estimaram valo-

Figura 3 Índice de Retorno Energético sobre o Investimento (EROI), para o sistema proposto e o sistema alemão



Fonte Menger-Krug *et al.*, (2012)

\*Sistema Brasileiro: Tratamento de esgoto por meio da digestão anaeróbia (Reator UASB), seguido de lagoa de alta taxa e sistema de separação algácea, com adição de CO<sub>2</sub> proveniente da queima do biogás produzido na digestão anaeróbia e co-digestão da biomassa algal.

\*\* Sistema Alemão: Tratamento de esgoto doméstico constituído por tratamento preliminar, sistemas de lodos ativados seguidos de sistema de microalgas (produção e separação) e digestão anaeróbia da biomassa.

res significativos na produtividade algácea para os diferentes cenários testados quanto a adição de CO<sub>2</sub>. Porém, em uma área maior (1,9 m<sub>2</sub>/hab), encontraram uma produtividade menor (30 g/ha.b.d) do que a do sistema ora proposto.

Contudo, para do sistema proposto foi estimada uma disponibilidade energética de 340,1Kcal/hab.d, ou seja, 16,5 Watts por habitante (W/hab). Supondo que a conversão do biogás em energia elétrica tenha eficiência de 30%, a potência obtida com a conversão será de 4,94 W/hab. A demanda energética do sistema está relacionada ao quanto dessa energia é utilizada na remoção das cargas afluentes de matéria orgânica e nutrientes, e o fornecimento desses nutrientes ao sistema por meio dos misturadores. Dessa forma, a DEE para o sistema foi estimada em 0,73 W/hab.

Analisando a DIE do sistema em relação a DEE, verificou-se que a energia disponível do sistema é 22 vezes maior que a demanda requerida para o sistema e 3 vezes maior que a potência em energia elétrica do sistema. É importante ressaltar que

apenas 4,48% da DIE do sistema são gastos nele mesmo, gerando um saldo da energia disponível de 15,74 W/hab.

O sistema proposto é produtor de energia (EROI > 1,0), contrastando, e muito, com o sistema de Menger-Krug *et al.* (2012) (Figura 3). Beal *et al.* (2012) estudaram o desempenho teórico de configurações alternativas de estações de tratamento baseados em balanços de massa e de energia, complementados por estimativas do Índice de Retorno Energético sobre o Investimento (EROI). Esses autores calcularam uma EROI igual a 1,44 em um sistema associando em lodos ativados e lagoas de alta taxa para a produção de microalgas. Porém, no estudo de Menger-Krug *et al.*, (2012) o único cenário que apresentou um EROI > 1 foi o de 100% de adição de CO<sub>2</sub>. Tal cenário não foi ocorrido no presente estudo, pois o sistema proposto obteve tanto para o reator UASB quanto para o sistema integrado EROI > 1.

O sistema de tratamento composto por reator UASB e lagoas de alta taxa garante benefícios econômicos, energéticos e ambientais. O sistema

Quadro 1 Resumos dos resultados

| DESEMPENHO                         | Sistema Brasileiro Proposto*      |                   | Sistema Alemão Menger-Krug (2012)** |                       |                       |                        |
|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
|                                    | Tratamento de esgoto convencional | Sistema integrado | Tratamento de esgoto convencional   | Sistema integrado     |                       |                        |
|                                    |                                   |                   |                                     | CO <sub>2</sub> (60%) | CO <sub>2</sub> (80%) | CO <sub>2</sub> (100%) |
| Percentual de Remoção QDO (%)      | 70                                | 95,0              | 95                                  | 91                    | 87                    | 83                     |
| Percentual de Remoção N (%)        | 50                                | 91,7              | 72                                  | 67                    | 66                    | 65                     |
| Percentual de Remoção P (%)        | 30                                | 92,2              | 90                                  | 86                    | 81                    | 78                     |
| Produção de lodo (g/hab.d)         | 7,5                               | 9,8               | 60                                  | 64                    | 66                    | 69                     |
| Produção de biomassa (g/hab*d)     |                                   | 66,3              |                                     | 30                    | 57                    | 90                     |
| Área (m <sup>2</sup> /hab)         | 3,6                               | 1,9               | 3,6                                 | 5,7                   |                       |                        |
| Produção Total de Biogás (L/hab.d) | 34,7                              | 41,5              | 23                                  | 36                    | 49                    | 64                     |
| EROI                               | 9,05                              | 22,57             | 0,38                                | 0,62                  | 0,8                   | 1,01                   |

\*Sistema Brasileiro: Tratamento de esgoto por meio da digestão anaeróbia (Reator UASB), seguido de lagoa de alta taxa e sistema de separação algácea, com adição de CO<sub>2</sub> proveniente da queima do biogás produzido na digestão anaeróbia e co-digestão da biomassa algal.

\*\* Sistema Alemão: Tratamento de esgoto doméstico constituído por tratamento preliminar, sistemas de lodos ativados seguidos de sistema de microalgas (produção e separação) e digestão anaeróbia da biomassa.

apresenta simplicidade operacional, atua no nível terciário do tratamento do esgoto sanitário, atua no sequestro de CO<sub>2</sub> e contribui para a redução da concentração deste gás na atmosfera. Possibilita, ainda, a geração de energia sob a forma de biogás gerando um saldo energético capaz de suprir a demanda requerida pelo sistema e a produção de uma biomassa de microalgas super valiosa que pode se utilizada como fonte de matéria-prima para diversos bioprodutos e bioenergia, como a produção de biocombustíveis (biodiesel, bioetanol, biogás, metano, biohidrogênio), fertilizantes, ração animal, produtos fármacos dentre outros.

## Conclusão

A utilização de uma estação de tratamento de esgoto sanitário composta por uma lagoa de alta taxa precedida de reator UASB apresenta vantagens significativas no que se refere ao tratamento em si e na produção de energia, quando comparada a estações que utilizam sistema de lodos ativados convencional. A disponibilidade energética do sistema foi comprovada através da realização do balanço de massa e de energia individualizado para cada processo e também para o sistema integrado. Os resultados indicam que a energia dis-

ponível do sistema é 12 (doze) vezes maior que a demanda requerida para o seu funcionamento (1,5 W/hab) e 03 (três) vezes maior que a potência em energia elétrica do sistema (5,8 W/hab). Deve ser ressaltado ainda que o sistema apresenta simplicidade operacional, atua no nível terciário do tratamento do esgoto sanitário, atua no sequestro de CO<sub>2</sub> e contribui para a redução da concentração deste gás na atmosfera..

## Referências

- BEAL, C. M.; STILLWELL, A. S.; KING, C. W.; COHEN, S. M.; BERBEROGLU, H.; BHATTARAI, R. P.; CONNELLY, R. L.; WEBBER, M. E.; HEBNER, R. E. Energy return on investment for algae biofuel production coupled with wastewater treatment. **Water Environment Research**, v. 92, p. 692-704, 2012.
- CHEN G.; ZHAO L.; QI Y. Enhancing the productivity of microalgae cultivated in wastewater toward biofuel production: a critical review. **Applied Energy**, v. 137, p. 282-291, 2015.
- CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 380 p. (Princípios do Trata-

mento Biológico de Águas Residuárias, v. 5).

CAPORGNO M. P.; TALEB A.; OLKIEWICZ M.; FONT J.; PRUVOST J.; LEGRAND J.; BENGOCIA C. Microalgae cultivation in urban wastewater: nutrient removal and biomass production for biodiesel and methane. **Algal Research**, v. 10, p. 232–239, 2015.

ELLER, C. M. **Caracterização dos componentes traços efluentes no aproveitamento energético do biogás gerado em Reator UASB no tratamento de esgoto doméstico**. 2013. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

FRANÇA JUNIOR, A. T. **Análise do aproveitamento energético do biogás produzido numa estação de tratamento de esgoto**. 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

GODOS, I.; BLANCO, S.; GARCIA-ENCINA, P. A.; BECARES, E.; MUÑOZ, R. Influence of flue gas sparging on the performance of high rate algae ponds treating agro-industrial wastewaters. 2010. **Journal of Hazardous Materials**, v. 179, p. 1049–1054, 2010.

HOLM-NIELSEN, J. B.; AL SEADI, T.; OLESKOWICZ-POPIEL, P. The future of anaerobic digestion and biogas utilization. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 5478–5484, 2009.

KHAN, A. A.; ZAHID, R.; TYAGIA, V. K.; HURSHEDA, A.; LEWB, B.; MEHROTRA, I.; KAZMIA, A. A. Sustainable options of post treatment of UASB effluent treating sewage: a review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, p. 1232–1251, 2011.

KRUG, E. B. M.; HOLLENBERG, J. N.; ILLENBRAND, T.; HIESSL H. Integration of microalgae systems at municipal wastewater treatment plants: implications for energy and emission. **Environmental Science & Technology**, v. 46 p. 11505–11514, 2012.

LEW, B. A.; LUSTIG, I. B.; BELIAVSKI, M.; TARRE, S.; GREEN, M. An integrated UASB-sludge digester system for raw domestic wastewater treatment in temperate climates. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 4921–4924, 2011.

METCALF; EDDY. **Wastewater Engineering: treatment and reuse**. 4. ed. New York: McGraw-Hill In-

ternational Editions, 2003. 1848 p.

MONTEGGIA, L. O.; ZANCAN FILHO, L. C. Remoção de algas de lagoas de alta taxa por filtração biológica para pós-tratamento de reatores anaeróbios. In: CHERNICHARO, C. A. L. (Coord.). **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**: coletânea de artigos técnicos. Rio de Janeiro: PROSAB/FINEP, v. 2, 2001.

PARK, J. B. K.; CRAGGS, R. J.; SHILTON, A. N. Wastewater treatment high rate algal ponds for biofuel production. **Bioresource Technology**, v. 105, n. 3, p. 35–42, 2011.

PECORA, V. **Implantação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP**: estudo de caso. 2006. 152 f. Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

POSADAS E.; MORALES M. D. M.; GOMEZ C.; ACIÉN G. F.; MUÑOZ R. Influence of pH and CO<sub>2</sub> source on the performance of microalgae-based secondary domestic wastewater treatment in outdoors pilot raceways. **Chemical Engineering Journal**, v. 265, p. 239–248, 2015.

RAZZAK, S. A.; HOSSAIN, M. M.; LUCKY, R. A.; BASSI, A. S.; LASA, H. Integrated CO<sub>2</sub> capture, wastewater treatment and biofuel production by microalgae culturing: a review. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 622–653, 2013.

SILVA, M. **Aplicação de lodo de estações de tratamento de água como coagulante no polimento final para remoção de fósforo em unidades de tratamento de esgoto**. 171 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Programa Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SOUZA, C. L. **Estudo das rotas de formação, transporte e consumo dos gases metano e sulfeto de hidrogênio resultantes do tratamento de esgoto doméstico em reatores**. 127 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

TORRES, H. S. J. **Cultivo de microalgas em efluen-**



**te de tratamento anaeróbio de esgoto.** 187 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

VAN HAANDEL, A.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgotos.** Campina Grande: Epgraf, 1994. 240p.

VERONEZ, F. A.; GONÇALVES, R. F. Produção de biogás em um reator UASB tratando esgoto sanitário e lodo de descarte de biofiltros aerados submersos. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002, Vitória. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/sicuat.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2011.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. v. 1, 452p.

YAAKOB, Z. K. F.; EHSAN, A. S. R. S.; ABDULLAH, M. S. T. An overview of microalgae as a wastewater treatment. In: JORDAN INTERNATIONAL ENERGY CONFERENCE, 2011, Amã. **Anais...** Amã: Jordan Engineers Association, 2011. v. 4, p. 620-639.

# Influência do consumo de energia sobre a viabilidade econômica de um sistema de reuso predial de águas cinzas de uma edificação residencial multifamiliar de alto padrão

---

FLUXO MÁQUINAS E EQUIPAMENTO LTDA EPP – BRASIL

Thiago Keller Franci  
Ricardo Franci Gonçalves

## Introdução

A muito tempo sabe-se que os meios usuais empregados pela maior parte das nações para a geração de água e energia são insustentáveis do ponto de vista financeiro e ambiental, principalmente nos países em desenvolvimento. É consenso geral de que é imediata a necessidade de substituição de tecnologias e modelos de gerenciamento arcaicos desses recursos para que as futuras gerações usufruam de iguais ou melhores condições de uso dos mesmos. De acordo com Clarke e King (2004), estudos sugerem que em 2050 aproximadamente metade da população mundial projetada viverá em países onde a água será escassa. O rápido crescimento da destruição dos recursos naturais, o aumento da densidade demográfica nas cidades e as drásticas mudanças climáticas em todo o mundo nas últimas décadas, tem exigido dos governos esforços conjuntos para elaboração de estratégias mais inteligentes para gerenciamento destes recursos.

Deste esforço coletivo surgiu o conceito Nexus, que aborda a importância da gestão integrada da produção de água, energia e alimento. De acordo com o US DEPARTMENT OF ENERGY (2014), atualmente os sistemas de água e energia são independentes. A água é utilizada em todas as fases da produção de energia e geração de eletricidade, assim como a energia é necessária para coleta, tratamento e distribuição de água com qualidade apropriada para diversos usos humanos, e também para o tratamento de águas residuárias antes de serem devolvidas ao meio ambiente. O Nexus tem norteado diversos países no desenvolvimento de políticas, estratégias e tecnologias para aprimorar os sistemas produtivos de modo a possibilitar uma gestão integrada intersetorial dos três pilares da abordagem.

Por outro lado, o reuso de águas prediais surgiu como uma importante ferramenta no combate ao desperdício de água potável nas cidades. Sistemas como as Estações de Tratamento de Águas Cinzas (ETACs) possibilitam que as edificações utilizem água de reuso para fins menos nobres, ou seja, que não precisem de qualidade de água potável, como descarga de bacias sanitárias, lavagem de calçadas e carros, etc. Diversos estudos sugerem que esse tipo de sistema, quando bem utilizado, pode

gerar economia de até 30% no consumo de água potável e produção de esgoto em uma edificação. No entanto esse tipo de sistema exige a utilização de energia elétrica para o funcionamento de seus componentes, o que pode neutralizar o benefício da conservação de água em alguns casos.

GUDE (2014) afirma que os sistemas de tratamento de água e de águas residuárias nos Estados Unidos representam o segundo maior custo por sistemas de utilidade pública, com despesas próximas dos 4 bilhões de dólares ao ano. Informa ainda que nos próximos vinte anos será necessário um adicional de 45 bilhões de dólares para manutenção e melhoria da infraestrutura desses sistemas. Nesse contexto, a autossuficiência em energia dos sistemas de tratamento de água de reuso é importante por muitas perspectivas tais como a eliminação da poluição do ar e das emissões de gases com efeito estufa, melhorando a economia e a segurança energética e da água, estendendo a vida útil das infraestruturas, e protegendo a saúde pública e o meio ambiente".

O tratamento de águas residuárias para fins não potáveis é imprescindível para auxiliar na preservação deste recurso, no entanto é fundamental que estas tecnologias causem um impacto energético pequeno nas edificações, assim como devem ser economicamente viáveis para o investidor. Este trabalho teve como objetivo principal avaliar a influência do consumo de energia sobre a viabilidade econômica de um sistema de reuso predial de águas cinzas de uma edificação residencial multifamiliar de alto padrão na cidade de Vitória/ES.

## Material e métodos

Este trabalho foi desenvolvido a partir do monitoramento diário do consumo de água e energia do edifício residencial de alto padrão Luiz Nogueira, localizado na Rua Moacyr Avidos, Praia do Canto, bairro de classe média alta da cidade de Vitória, e de acordo com Gonçalves *et al.* (2007) é uma das primeiras edificações com sistema de reuso de águas cinzas para descarga das bacias sanitárias no Estado do Espírito Santo (Tabela 1 e Figuras 1 e 2).

Todos os efluentes provenientes dos chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupas são chamados de águas cinzas-claras (ACclaras), e são conduzidos por gravidade até a Estação de

Tabela 1 Características do edifício monitorado

| PAVIMENTOS   | ÁREA CONSTRUÍDA         | ÁREA COMPUTÁVEL         |
|--|-------------------------|-------------------------|
| 1 subsolo<br>1 pavimento térreo<br>1 pavimento pilotis<br>17 apartamentos<br><b>Total: 19 pavimentos</b> | 5.543,52 m <sup>2</sup> | 2.703,85 m <sup>2</sup> |



Figura 1 Edifício monitorado



Figura 2 Estação de Tratamento de Águas Cinzas

Tratamento de Águas Cinzas (ETAC). A tabela 2 mostra o número de equipamentos hidrossanitários no edifício, qual tipo de água utilizam, e o direcionamento da água depois do uso.

As águas provenientes das bacias sanitária (águas negras), pias de cozinhas e máquinas de lavar louça (águas cinza escuras) possuem elevadas concentrações de poluentes e exigem tratamentos diferentes dos realizados pela ETAC. Esses efluentes são direcionados para a rede pública de coleta de esgoto.

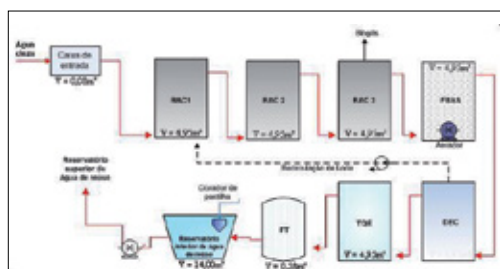
Ao chegar na ETAC, inicialmente o efluente passa pela caixa de entrada, onde é feito o controle da vazão e uma separação sólido-líquido. A presença de sólidos grosseiros (areia, cabelos, felpas de tecidos, restos de alimentos, entre outros tipos de material) nas águas cinza, embora de dimensões reduzidas devido à presença dos ralos e grelhas nas instalações hidrossanitárias, exige esta etapa física de retenção dos sólidos (GONÇALVES, 2006). No interior da caixa de entrada, existem dois vertedores reguláveis do tipo tulipa, de 100mm de diâmetro. A água que é direcionada para uma das tulipas é a que será tratada na ETAC, e a direcionada para a outra é a excedente da demanda, e é direcionada para a rede pública de coleta de esgoto. Em seguida, o efluente é conduzido, em ordem, pelos três compartimentos do Reator Anaeróbio Compartimentado – RAC, Filtro Biológico Aerado Submerso (FBAS), Decantador Secundário, Tanque de Equalização (TOE), Filtro Terciário (FT) e Desinfecção por cloração (Figura 3). A água de reuso alimenta as bacias sanitárias dos apartamentos. Os reservatórios de água de reuso e água potável são independentes. Em caso de necessidade, foi previsto a reversão do sistema de reuso para abastecimento com água potável, ou seja, o edifício volta a utilizar somente a água proveniente da CESAN.

O monitoramento do consumo de água foi realizado por meio de leituras diárias de todos os hidrômetros da edificação, além do levantamento de perfis de consumo 24h, em que foram registradas

**Tabela 2** Total de equipamentos que utilizam água potável ou não potável

| TIPO DE ÁGUA        | Nº DE EQUIPAMENTOS HIROSSANITÁRIOS   | DIRECIONAMENTO DA ÁGUA APÓS SEU USO   |
|---------------------|--|---------------------------------------|
| Potável             | 107 Lavatórios<br>71 Chuveiros<br>18 Tanques<br>17 Máquinas de Lavar Roupa | Direcionado à ETAC (água cinza clara) |
|                     | 88 Duchas Higiênicas<br>19 Filtros<br>17 Máquinas de Lavar Louça           | Rede coletora de esgoto               |
| Não Potável (Reuso) | 85 Bacias Sanitárias   | Rede coletora de esgoto               |

**Figura 3** Fluxograma de funcionamento de uma ETAC.

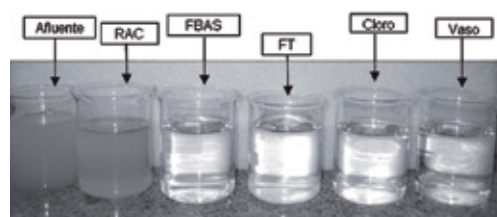


Fonte Gonçalves, 2006.

as leituras dos hidrômetros a cada 2h, também com início às 8h. O levantamento diário e horário da população do edifício foi realizado com o auxílio dos porteiros. Para o monitoramento do consumo de água, foram utilizados os hidrômetros individuais existentes no edifício, e 7 novos hidrômetros foram instalados a fim de complementar o sistema de medição já existente e setorizar o consumo.

O monitoramento do consumo de energia foi realizado por meio de leituras diárias do medidor geral de energia do edifício e os medidores individuais dos apartamentos. Através de um analisador de energia foi possível precisar o consumo de energia das bombas de recalque de água potável e de reuso da edificação, do aerador submerso, e da bomba de recirculação de lodo. A caracterização do consumo de energia foi realizada avaliando-se a distribuição do consumo de energia na edificação, a partir da contabilização deste consumo nos apartamentos, no condomínio e nos equipamentos relacionados ao sistema de abastecimento de água do edifício. O analisador de energia utilizado é do modelo RE 6000 da empresa EMBRASUL, que

**Figura 4** Aparência da água de reuso nas etapas do processo de tratamento



Fonte Gonçalves, 2006

utiliza o software ANL 6000, coleta os dados de corrente elétrica e tensão, e assim, fornece como dados as potências ativa, reativa e aparente, que são coletados com o auxílio de um notebook.

A distribuição do consumo de energia no edifício foi avaliada por meio da média diária do consumo de energia em cada setor. De posse das médias diárias de cada setor, foi possível calcular o valor gasto em reais (R\$) de cada setor, bomba ou motor utilizando a Equação 1:

**Equação 1**

$$\text{Valor} = \frac{\text{Consumo} \cdot \text{Tarifa Escelsa}}{1 - (\text{PIS} + \text{COFINS} + \text{ICMS})}$$

- Consumo é a quantidade de kWh utilizada por um equipamento específico ou do sistema como um todo durante determinado período de tempo;
- Tarifa Escelsa é o valor cobrado pela concessionária local (R\$/kWh);
- e PIS, COFINS e ICMS é o percentual cobrado por cada um dos impostos definidos pela concessionária local.

Figura 5 Consumo de Água Total do condomínio e apartamentos

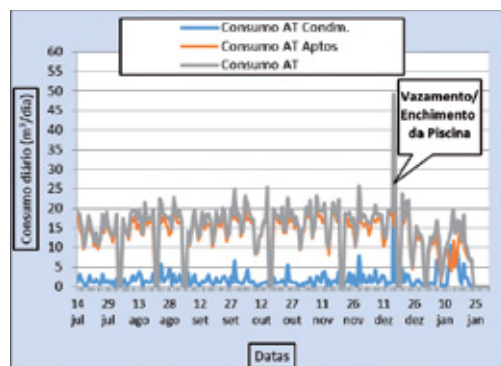
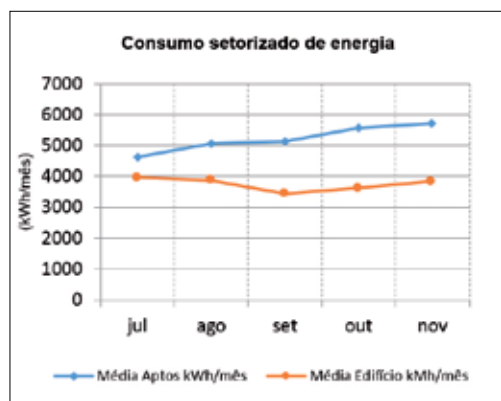


Figura 7 Percentual de consumo de energia do condomínio e dos apartamentos



## Resultados e discussão

Em todos os meses, o consumo de energia nos apartamentos foi superior ao consumo geral do edifício devido ao grande número de equipamentos que utilizam energia elétrica nos mesmos. A média diária da soma do consumo de todos os apartamentos é de 174,26 kWh/dia, e do consumo do condomínio é de 125,00 kWh/dia, que corresponde a 41,8% e 58,2% do total consumido respectivamente (Figura 7).

A energia consumida pelo condomínio é referente a: iluminação, portões eletrônicos, sistemas de segurança, monitoramento e comunicação, elevadores, ETAC, entre outros. Relacionado à ETAC, os equipamentos que consomem energia elétrica são as bombas de recalque, o aerador submerso, a bomba do filtro, e a bomba de recirculação de lodo (Figura 8).

Figura 6 Consumo de energia dos apartamentos e do condomínio

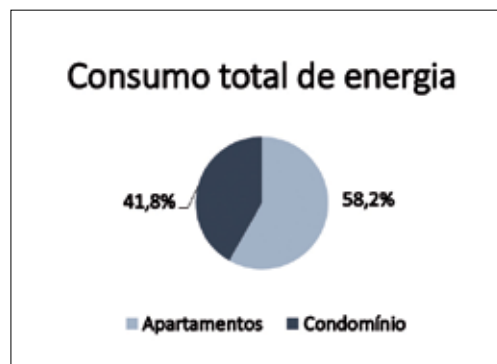
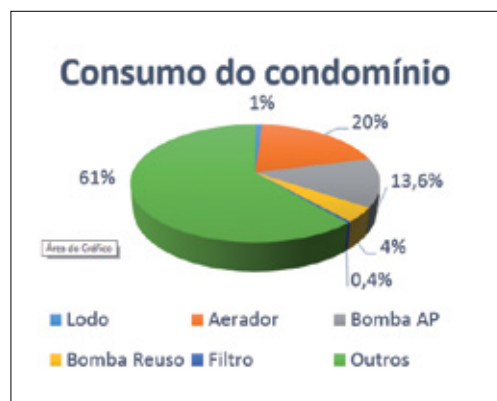


Figura 8 Percentual do consumo de energia por equipamento



Dessa forma, tomando-se por base a tarifa atual (0,32889 R\$/kWh) determinada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL 2011), pode-se calcular o gasto médio com energia elétrica de cada um dos motores relacionados a ETAC. Assim foi definido o valor médio gasto de energia pela ETAC neste condomínio, conforme o detalhamento da tabela 3.

Para as análises de viabilidade do sistema foram utilizados somente os valores da energia consumida pelo aerador, bomba de recirculação de lodo, e do filtro, que juntos consomem 21,5% da energia do condomínio, ou 9% do geral (condomínio e apartamentos). Sendo assim, a despesa média mensal do condomínio com energia gerada pela ETAC é de R\$389,87.

**Tabela 3** Custo mensal médio com energia elétrica de cada setor da edificação

| EQUIPAMENTO      | CONSUMO MÉDIO (KWH/DIA) | CUSTO MENSAL COM IMPOSTOS <sup>1</sup> |
|------------------|-------------------------|--|
| Bomba AP         | 16,74                   | R\$ 243,18                             |
| Bomba Reuso      | 5,04                    | R\$ 73,20                              |
| Aerador Submerso | 24,88                   | R\$ 361,42                             |
| Bomba Lodo       | 1,38                    | R\$ 20,03                              |
| Filtro           | 0,58                    | R\$ 8,42                               |
| Total            | -                       | R\$ 706,25                             |

<sup>1</sup> Os seguintes impostos foram considerados: PIS (1,26%), COFINS (5,82%) e ICMS (25,00%). Dados obtidos na conta de energia elétrica.

**Tabela 4** Variáveis para cálculo do payback

| VARIÁVEIS PARA CÁLCULO DO PAYBACK |               |   |
|-----------------------------------|---------------|---|
| Dias do mês                       | 30            | -   |
| Meses do ano                      | 12            | -   |
| Valor do investimento             | R\$ 60.000,00 | De acordo com a empresa que forneceu e instalou a ETAC no condomínio, na época esse foi o valor aproximado de venda do produto. |
| Taxa Mínima de Atratividade       | 7,8% ao ano   | Valor próximo ao rendimento anual da poupança.  |
| Período de análise                | 10 anos       | Tempo escolhido para avaliar se o investimento se paga, ou não.   |

**Tabela 5** Variáveis que geram economia

| VARIÁVEIS QUE GERAM ECONOMIA                                   |                             |   |
|--|-----------------------------|---|
| Consumo de água de reuso                                       | 5 m <sup>3</sup> por dia    | A ETAC tem capacidade para gerar 15 m <sup>3</sup> diários, no entanto a coleta de dados mostrou que estão sendo utilizados apenas 1,86m <sup>3</sup> por dia no condomínio. Utilizou-se o valor intermediário de 5 m <sup>3</sup> por dia para a análise de viabilidade. |
| Tarifa cobrada   | R\$ 7,53 por m <sup>3</sup> | Tarifa cobrada pela concessionária local, a CESAN, para fornecimento de água e coleta/tratamento de esgoto na região onde está localizado o condomínio (CESAN).   |
| Percentual médio do aumento anual das tarifas de água e esgoto | 6%                          | Percentual aproximado considerando as alterações nas faturas dos 10anos Média dos 7 anos anteriores ao início da pesquisa (CESAN).  |

**Tabela 6** Variáveis que geram despesas

| VARIÁVEIS QUE GERAM DESPESAS  |                     |   |
|---|---------------------|---|
| Consumo de energia da ETAC  | 26,86 kWh por dia   | Consumo do aerador, bomba de recirculação e filtro.   |
| Tarifa energia  | 0,32889 R\$ por kWh | Tarifa de energia cobrada pela concessionária local, a ESCELSA (ANEEL).   |
| Operação e manutenção   | R\$ 500,00          | Preço médio do mercado local.   |
| Percentual médio do aumento anual da tarifa de energia                  | 11%                 | Média dos 7 anos anteriores ao início da pesquisa   |
| Percentual médio do aumento anual dos serviços de Operação e Manutenção | 4%                  | Percentual médio, considerando as variações dos muitos sindicatos que representam esses prestadores de serviço. |

### Análise de viabilidade econômica

Para a avaliação da influência do consumo de energia sobre a viabilidade econômica deste sistema de reuso foi alterado o consumo de água de reuso do

condomínio para 5m<sup>3</sup> por dia, que corresponde a um percentual de substituição de aproximadamente 30%, para facilitar a análise dos resultados. Nas tabelas 4, 5 e 6 estão detalhadas as variáveis utilizadas para cálculo do tempo de retorno do investimento.

Figura 9 Payback descontado

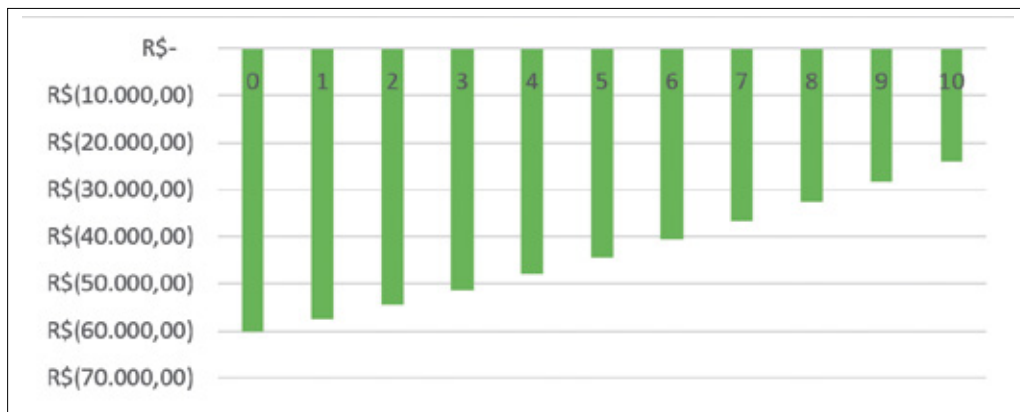
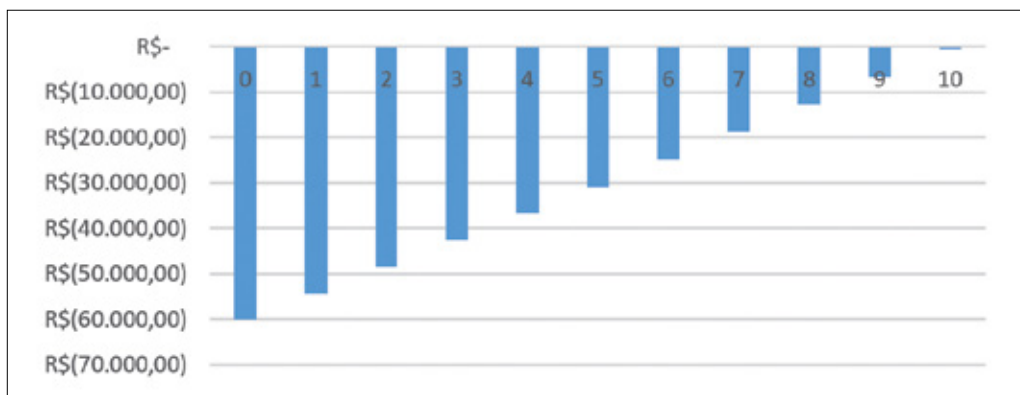


Figura 10 Payback descontado após alterações



Definidas as variáveis envolvidas, a próxima etapa foi elaborar o fluxo de caixa do cenário e, então, calcular o Tempo de Retorno do Capital (*Payback* Descontado). O resultado é apresentado na figura 9.

Ao longo do período de 10 anos, é possível observar que a ETAC gerou uma economia financeira para o condomínio, mas não o suficiente para pagar totalmente o investimento feito. Neste cenário, o consumo de energia corresponde a uma média de 40,74% do total de despesas geradas pela ETAC.

Ao longo da pesquisa observou-se que tanto o aerador quanto a bomba de recirculação de lodo desta ETAC foram superdimensionadas, impactando diretamente no consumo diário de energia pelo sistema. Sendo assim, foi realizada uma pesquisa de mercado para tentar encontrar equipamentos

similares porém com a potência ideal. Simulando as devidas substituições, os resultados no consumo mensal ficariam conforme detalhados na tabela 5. Como o objetivo principal deste estudo é avaliar a influência do consumo de energia sobre a viabilidade econômica deste sistema de reuso foi alterada a variável “consumo de energia da ETAC” incluindo os novos dados encontrados, e novamente foi aplicada a ferramenta *Payback* descontado para análise do cenário. Os resultados são apresentados na figura 10.

Alterando apenas a variável “consumo de energia da ETAC” observa-se que o investimento é amortizado em aproximadamente 10 anos. Neste cenário a energia corresponde a apenas 17% do total das despesas e representa uma diferença de mais de 20 mil reais entre os *Paybacks* encontrados.



Tabela 7 Alteração da potência dos equipamentos

| EQUIPAMENTO | POTENCIA UTILIZADA | POTENCIA IDEAL | VALOR/MÊS (R\$) |
|-------------|--------------------|----------------|-----------------|
| Aerador     | 1,0CV              | 0,3 CV         | 108,40          |
| Bomba Lodo  | ¾ CV               | ¼ CV           | 6,60            |
| TOTAL       | -                  | -              | 115,00          |

## Conclusão

Este trabalho não tem como objetivo analisar os múltiplos cenários que podem ser elaborados alterando as demais variáveis que envolvem as receitas e despesas geradas pelo sistema, limitando-se apenas ao impacto financeiro gerado pelo consumo de energia. No entanto vale salientar que mesmo elevando a quantidade de água de reuso consumida pelo condomínio para 5m<sup>3</sup> por dia para facilitar a avaliação dos resultados, ainda assim o consumo está muito abaixo da capacidade da ETAC estudada que é de 15 metros cúbicos diários. Isso impacta diretamente no cálculo do tempo de *Payback*, pois a ETAC não gera toda a receita possível, ou seja, economia de água potável e produção de esgoto por parte do condomínio, e também o investimento foi muito mais alto que o necessário, pois sem dúvidas o valor de uma ETAC dimensionada para produzir apenas 5 metros cúbicos diários é muito menor. As ETAC são excelentes investimentos tanto por serem importantes ferramentas no combate à escassez de água nas cidades quanto pelo lado financeiro, uma vez que ficou claro que este tipo de investimento, caso bem feito, proporciona significativa economia ao condomínio. É importante que as empresas desenvolvedoras desse tipo de tecnologia evoluam para produzir melhor e mais barato, de modo que a tecnologia se torne imprescindível para todas as futuras edificações.

## Referências

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifas**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/tarifaAplicada/index.cfm>>. Acesso em: 01 jun. 2011.

CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento. **Tarifas**. Disponível em: <[http://www.cesan.com.br/e107\\_files/downloads/tabela\\_tarifas.pdf](http://www.cesan.com.br/e107_files/downloads/tabela_tarifas.pdf)>. Acesso em: 01 maio 2011.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso Racional da Água em Edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GONÇALVES, R. F.; SILVA, G. M. da; WANKE, R. Uma nova geração de "edifícios verdes" com reuso de águas cinza em Vitória (ES). In: SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 7., 2007, Vitória. **Anais...** Vitória: 2007.

GUDE, V. G. Energy and water autarky of wastewater treatment and power generation systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p. 52–68, 2015.

US DEPARTMENT OF ENERGY. **The Water-Energy Nexus**: Challenges and Opportunities. Washington-DC: 2014.

CLARKE, R., KING, J. **The Water Atlas**. New York: New Press, 2004.

# Indicadores de desempeño hídrico para conjuntos residenciales urbanos

---

**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO – CHILE**

Juan Camilo Isaza López

Iván Cartes Siade

Rodrigo García Alvarado

## Introducción

En las últimas décadas, partir del concepto de desarrollo sostenible (UN 1987), se ha establecido un marco macro-político (González 2013), que orienta las políticas e inversiones de un grupo importante de empresas y gobiernos (UN 1992). En este contexto, las ciudades, por su representatividad poblacional (World Bank 2014), se ven ante la necesidad de gestionar de forma sostenible los recursos naturales que su población demanda, dentro de un contexto determinado por las características ambientales de cara territorio. Por lo cual la arquitectura y el urbanismo como actores en la toma de decisión sobre las ciudades, en su forma y funcionamiento (UNESCO/UIA 2005), deben asumir de manera directa los nuevos desafíos en materia urbano-ambiental. Buscando generar respuestas pertinentes al contexto y a las necesidades de cada población, mediante la definición de estrategias y/o tecnologías que posibiliten al ambiente construido, funcionar de manera sostenible con su entorno (Vanegas 2006).

El agua, debido a sus diferentes calidades, orígenes y cantidades, se define como recurso hídrico (RH) (Dourojeanni 2009; Salomón 2003). El cual es imprescindible para la sostenibilidad de la vida urbana, ya que la disponibilidad del mismo en un determinado territorio, condiciona la habitabilidad, la calidad de vida y la capacidad productiva de dicha delimitación geográfica, (Borregaard 2012; MOP 2012). Por lo cual cada ciudad de acuerdo a sus condiciones urbanas desarrolla modelo de gestión particulares, con el fin de aprovechar de la mejor forma la oferta de recursos ecosistémicos de su entorno inmediato (GWP 2008, 2000 ; Padrón y Cantú 2009). Entorno que, por la conformación geomorfológica de la tierra (Duque 2003), siempre corresponde a una cuenca hídrica, donde las condiciones ambientales en cuanto al recurso hídrico son particulares y varían significativamente entre cada cuenca.

Entendiendo la particularidad de cada territorio y del fenómeno hídrico en cada cuenca, las condiciones globales de crecimiento urbano, los compromisos macro-políticos establecidos y los retos impone el Cambio Climático (Revilla 2013; Gill et al. 2007; CEPAL 2010). Es necesario incorporar al desarrollo urbano de las próximas décadas (Howe

et al. 2011; Ulian 2014, 2011), estrategias formales y tecnológicas innovadoras y eficientes, para una Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) a nivel urbano y territorial (Estévez 2014; GWP 2000).

El requerimiento de incorporar la GIRH (Gestión Integrada del Recurso Hídrico) en la construcción de ciudad, es evidente al analizar los indicadores de uso de agua en cada país. Sólo en Chile, las áreas urbanas son responsables del 6% del uso del agua a nivel nacional (MOP, 2012), lo que equivale a un consumo mensual aproximado de 80.000.000 de m<sup>3</sup> de agua potable, con un incremento anual de 2.2%. De este volumen de consumo, el 99.4% es controlado por las 24 principales empresas prestadoras de servicios sanitarios (SISS, 2009, 2012), las cuales a diciembre de 2014 cuentan con 5.000.449 clientes (SISS, 2015) y un crecimiento anual en el número de conexiones de 2.45%, que varía en cada una de las ciudades según el crecimiento urbano y la oferta de nueva vivienda. De este total de clientes, el 94.16% de las conexiones corresponden al sector residencial, donde se estima un consumo promedio mensual por habitante, según la época del año, de 14 m<sup>3</sup>/mes en el período de invierno y de 26 m<sup>3</sup>/mes en el período estival, estableciendo un promedio de consumo diario por habitante de alrededor de 170 litros de agua (Borregaard, 2012; SISS, 2012). Estas cifras muestran que a nivel nacional se supera el nivel de consumo responsable recomendado por la Organización de las Naciones Unidas de 60 litros diarios por habitante (Thomas, 1998). Este escenario evidencia la necesidad de integrar elementos ambientales y urbanos al diseño de conjuntos residenciales, con el objetivo de facilitar condiciones de sostenibilidad hídrica a las áreas urbanas existentes y futuras

Partiendo de la necesidad de gestionar de forma sostenible el recurso hídrico en las ciudades, se generan desde los gobiernos, las comunidades, la academia y el sector privado, un conjunto de iniciativas (UN 2012; MinAmbiente 2010; MOP 2012). Dichas iniciativas se pueden agrupar en varias líneas de acción: (1) iniciativas asociadas a la reducción del consumo de agua potable en el sector residencial (Aqua-Riba 2015; SISS 2009; Prieto 2015); (2) iniciativas orientadas a la reducción de la carga contaminante en vertimientos, a partir de la construcción y mantenimiento de infraes-

estructura de saneamiento (Beck y Cummings 1996; SSW 2010); (3) iniciativas orientadas a la mitigación de impactos en el ciclo hidrológico producto de la impermeabilización del suelo (CAU 2003; Rozos y Makropoulos 2012; Carmon, et al 1997).

Esta agrupación de iniciativas en ejes estratégicos, de alguna manera fragmenta y diluye la relación que puede existir entre la morfología urbana, la densidad habitacional, el tamaño de las viviendas con los indicadores ambientales en materia de recurso hídrico. Dificultando de esta manera la vinculación del urbanismo con la gestión sostenible del RH en el entorno Urbano.

A partir del interés en el desarrollo de ciudades sostenibles (ISO 2014; Sessa et al. 2010), en las últimas décadas, se han llevado a cabo por parte de diversas autoridades de ciudad, iniciativas en favor de la gestión responsable de los recursos naturales a través de la conformación urbana de conjuntos residenciales. El diseño y construcción de los llamados "Eco-Barrios" o "Barrios Sostenibles" (Gaffron et al. 2008; Cartes 1997), buscan a través del desarrollo de nuevos entornos urbanos (Hernández et al. 2009) o la regeneración de áreas deterioradas (Carrasco 2009), la integración de criterios ambientales a la conformación urbana de áreas residenciales.

Dichos conjuntos, dentro de su proceso de diseño, construcción y operación, emplean indicadores de gestión energética, como la huella de carbono (ISO 2013), la huella ecológica (Solís-Guzmán 2013), la demanda energética (Janda 2009), el consumo por habitante, entre otros; para orientar durante su etapa de diseño, la toma de decisiones técnicas y arquitectónicas sobre el componente energético de los proyectos (Damico et al. 2012). Lo que se ve reflejado en la definición formal de los conjuntos, así como en la incorporación de tecnologías alternativas en su conformación arquitectónica, como paneles fotovoltaicos, colectores solares, sistemas de aislación y calefacción, orientación de fachadas, protección solar, entre otros (Zalamea y García 2014). Evidenciando así, la conexión existente entre la forma de los conjuntos y los indicadores asociados al componente energético, durante el proceso de diseño y fase de operación de los mismos, todo esto en función del desempeño energético.

En estos "Eco-Barrios", por su configuración espacial y uso de tecnologías, se destacan la implementación de componentes y sistemas para el manejo sostenible del RH, como la reutilización de aguas lluvias, superficies urbanas permeables, humedales artificiales, manejo de escorrentías superficiales, entre otros. Elementos que evidencian la tendencia común de reducir el consumo de agua por parte de los habitantes, así como la reducción de los vertimientos contaminantes. Para cumplir con esto, se emplean dentro de la gestión de dichos conjuntos, diferentes indicadores del recurso hídrico. Indicadores los cuales están orientados al control de la etapa abastecimiento y vertimiento de cada conjunto (WBCSD 2006; Salomón 2003). Por tanto, el actual enfoque sobre la documentación y control del RH en el urbanismo, dificulta identificar conexiones entre la forma y el desempleo hídrico de estos conjuntos residenciales sostenibles.

Los llamados Eco-Barrios, al comparar su conformación urbana, ocupación del suelo, densidad, uso de tecnologías, entre otras, con el desarrollo de conjuntos residenciales convencionales, se identifican importantes diferencias (Isaza, et al. 2015). Diferencias que pueden ser corroboradas contando con indicadores pertinentes, los cuales relacionan variables urbanas con la gestión del RH. Sin embargo al no contar hasta el momento con una sólida correlación, identificar las conexiones existentes entre la forma urbana y el RH se dificulta e impide que el diseño urbano y arquitectónico asuma su rol de decisión en la gestión urbana.

Teniendo en cuenta el rol de la arquitectura en el desarrollo de ciudades sostenibles, la relación entre la morfología urbana y la gestión del RH, así como la existencia de indicadores ambientales relacionados a la gestión del RH en la Ciudad. Este trabajo se plantea como objetivo establecer conexiones entre el desarrollo urbano y el desempeño en el manejo del RH. Esto mediante el análisis y contraste de indicadores presentes en tres conjuntos residenciales sostenibles a nivel internacional y tres conjuntos urbanos convencionales existentes en la ciudad de Concepción, Chile. Adicionalmente para dicho análisis, se busca generar una matriz funcional de indicadores, que permita correlacionar el fenómeno hídrico, las condiciones climáticas y las características urbanas de cada caso

**Tabla 1** Variables de la morfología urbana

| VARIABLE              | UNIDAD         | DEFINICIÓN   |
|-----------------------|----------------|--|
| Área de terreno       | M <sup>2</sup> | Área total del conjunto residencial (inc. vías y áreas comunes)        |
| Área libre            | M <sup>2</sup> | Area sin edificaciones   |
| Área verde            | M <sup>2</sup> | Área con cobertura vegetal o terreno natural                           |
| Área Impermeabilizada | M <sup>2</sup> | Área de terreno cubierta por un material impermeable                   |
| Índice de ocupación   | %              | Relación entre el área libre y el área ocupada por edificaciones       |
| Número de Viviendas   | Cant.          | Número de viviendas existentes en un conjunto residencial delimitado   |
| Número de habitantes  | Cant.          | Número de habitantes estimados por cada vivienda en el conjunto        |
| Densidad Habitacional | Viv./ha        | Relación entre el área del terreno y el número de viviendas existentes |
| Área de lote vivienda | M <sup>2</sup> | Área del terreno asignada a cada una de las viviendas existentes       |
| Área de la Vivienda   | M <sup>2</sup> | Área privada habitable, cerrada y cubierta de una vivienda             |
| Área de Cubierta      | M <sup>2</sup> | Área de la superficie de cubierta de las edificaciones existentes      |
| Áreas comunes         | M <sup>2</sup> | Área habitable de espacios colectivos, como calles, andenes, jardines  |
| Altura                | Cant.          | Numero de niveles habitables de las edificaciones existentes           |

de estudio, en un solo indicador de desempeño. Con el cual se facilite en un futuro, el desarrollo de conformaciones urbanas eficientes, de acuerdo a las características ambientales de cada lugar.

### Selección de indicadores

Para la definición de la morfología urbana, se tienen en cuenta un amplio conjunto de variables, el cual para su análisis, es necesario separar según el tipo de desarrollo urbano objeto de estudio. Para los conjuntos residenciales convencionales, se definen y jerarquizan variables que dependen en la mayor parte de los casos, del concepto urbano que se haya empleado para su diseño. Conceptos que a su vez responden a las tendencias urbanas, políticas e intelectuales de cada momento y contexto (Munizaga 2014). Por lo cual los conceptos de sostenibilidad y pertinencia ambiental, en la mayoría de los desarrollos urbanos convencionales, no son determinantes de la configuración urbana o espacial. Por otro lado, para el desarrollo urbano de ciudades sustentables, al abarcar un concepto complejo como el de la sostenibilidad, se involucran diversas escalas sociales, ambientales, políticas y económicas (ISO 2014). Donde las variables urbanas y arquitectónicas van a estar ligadas a otros componentes conceptuales. Concentrándose en la mayoría de los casos en criterios técnicos y ambientales como la demanda energética, la integración con el clima, el paisaje, entre otros (Farr 2007; Moughtin y Shirley 2005).

Dada la cantidad de variables involucradas en la definición morfológica de un entorno urbano residencial, es necesario seleccionar un conjunto limitado de variables, las cuales en su conjunto definen una ocupación, tamaño y agrupación de unidades de vivienda. Por esta razón, en este trabajo se asumirá las siguientes variables urbanas como la información determinante de la morfología (Tabla 1):

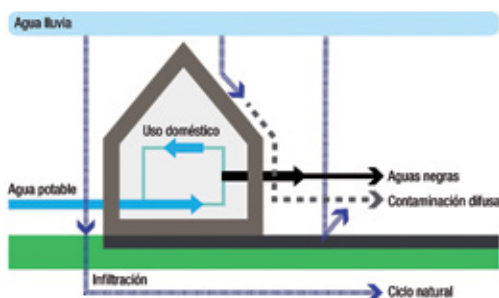
Luego de esta definición de variables urbanas, para establecer la relación entre un conjunto residencial con el RH disponible en un determinado contexto, es necesario contar con indicador que incorpore en su desarrollo conceptual, la complejidad del RH, tanto en su condición espacial, temporal, calidad, y uso (Berger, et al. 2010; Borregaard 2012; Loaiza, et al. 2012). Para esto, en los últimos años, se han desarrollado una serie de indicadores, que buscan cuantificar en un volumen final de agua (m<sup>3</sup>), una relación con el uso, extensión, tiempo, la calidad, origen-destino, del RH en un determinado tiempo y proceso.

Como indicadores parientes del RH en un determinado proceso, se pueden mencionar tres; (1) El concepto de Agua virtual (Meng et al. 2014; Parada 2012; Hoekstra et al. 2011), define la cantidad de agua incorporada a los procesos de elaboración, transporte y usos de un determinado componente o material, que a su vez puede estar involucrado en otros productos o procesos, por lo cual este concepto está directamente relacionado al Análisis de Ciclo de

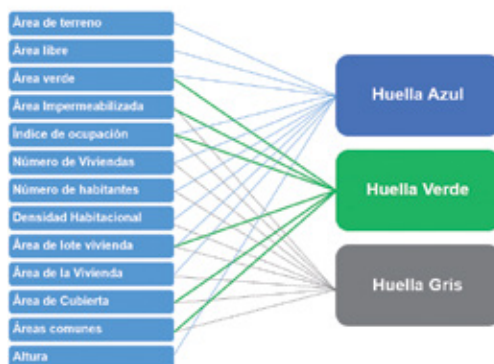
**Tabla 2** Categorías de huella hídrica (Isaza, García y Cartes 2015)

| CATEGORÍA DE HUELLA HÍDRICA | DEFINICIÓN   |
|-----------------------------|--|
| Huella Azul                 | Volumen de agua potable que es provisto por la empresa de servicios sanitarios de cada área urbana, a partir de procesos de captación, potabilización y distribución.  |
| Huella Verde                | Volumen de agua lluvia que mantiene, en alguna medida, un ciclo hídrico natural, infiltrándose al terreno por medio de las zonas verdes y que no se convierte en escorrentía superficial.  |
| Huella Gris                 | Volumen de agua contaminada, producto del uso y desecho, en los equipos sanitarios presentes en una vivienda, así como, el volumen de agua de escorrentía generado por las superficies impermeabilizadas de la vivienda en eventos climáticos. |

**Figura 1** Entradas y salidas del RH en una vivienda



**Figura 2** Diagrama de relaciones



Vida, y expresa en unidad de volumen la cantidad de agua invertida; (2) el Concepto de Huella Hídrica (HH) (Agoramoorthy 2013; Hoekstra et al. 2011), busca cuantificar en tres categorías de HH, Azul, Verde y Gris, diferentes orígenes, calidades y usos del agua involucrada en un proceso o producto, generando de esta forma una mayor relación del indicador con las condiciones de origen, calidad, uso, tiempo y volumen del RH; (3) Relacionado con la HH, se encuentra disponible el concepto de Huella de Agua (AENOR 2015), el cual normaliza los procesos de análisis y cuantificación del agua involucrada en un proceso o producto determinado.

Dichos indicadores, además de expresar un resultado en volumen, describen una serie de procedimientos de análisis, los cuales no están contemplados para su uso en la arquitectura o la construcción (Pérez y Solís 2014). Por lo cual para su uso en elementos o procesos asociados a la arquitectura y la construcción, deben ser definidas conceptualmente las variables a identificar, así como las categorías de análisis en las cuales se

tendrán en cuenta el origen, el uso y la calidad del RH involucrado. Por esta razón, para el presente trabajo se propone emplear la estructura conceptual de la HH, en sus tres categorías de análisis, la Huella Azul, Huella Verde y Huella Gris (Tabla 2) (Isaza, García y Cartes 2015). Ya que cada una de estas, puede ser asociar a un proceso de uso, que a su vez se puede correlacionar con las variables de la morfología urbana definidas previamente.

### Correlación de variables

Para identificar las variables Urbano-arquitectónicas relacionadas con el RH, se realiza un análisis simplificado de entradas y salidas de agua, sobre una unidad residencial teórica. Permitiendo identificar cuales componentes arquitectónicos, están relacionados con el RH, dentro de la estructura conceptual de Huella Hídrica.

Para consumo humano solo se considera un tipo de recurso hídrico, es el agua potable. La cual se cuantifica en las viviendas por medio de los controles de la empresa local de agua y alcantarillado (SISS 2015;

MOP 2012). El agua lluvia o agua de origen atmosférico, es considerada un residuo urbano, que es producto de las áreas impermeabilizadas del suelo, como lo son las cubiertas o los pavimentos (CAU 2003). De esta forma una vivienda común sin tecnología para la gestión adecuada del RH, cuenta con el ingreso de dos tipos de RH, el agua potable para consumo humano y el agua lluvia producto de los eventos climáticos (Figura 1). Apartar de lo cual, dicha vivienda genera como mínimo en su operación dos tipos aguas residuales. Por una parte, las aguas servidas, producto del uso sanitario, y por otra parte, las aguas urbanas o de escorrentía, producto de las lluvias (Fernandez, Montt y Rivera 2003).

A partir de la definición de las variables de interés que determinan la conformación urbana, y de la definición conceptual de las categorías de huella hídrica, se propone un diagrama de conexiones, donde se vinculen las variables urbanas con cada una de las categorías de huella hídrica definidas (Figura 2). Con base en el análisis simplificado e entradas y salidas mencionado previamente.

#### Matriz de análisis

A partir del inventario de variables y en la definición conceptual de las categorías de HH para los conjuntos residenciales, se hace necesario generar una estructura de datos, que permita el majo de los valores asociados a cada una de las variables, de forma estructurada y flexible. Por lo cual, se procede a construir de una matriz de análisis, que interrelacione las variables para un resultado cuantitativo, expresado en volumen de agua por tiempo de análisis ( $m^3$ /tiempo). Para esto, se establecen de parámetros matemáticos para cada una de las categorías de HH definidas para el análisis, donde se integren los valores correspondientes a las variables asociadas. Para luego, con base en los valores parciales, generar los valores de HH total, HH por unidad de vivienda, HH por área de uso y finalmente el Indicador de desempeño hídrico propuesto.

#### Huella Azul

Se calculará a partir del consumo de agua potable, estimado o registrado en periodos de tiempo, semanal, mensual o anual. Este indicador de consumo, se multiplica por el número de viviendas presentes en el conjunto residencial objeto del

estudio. Dando como resultado, la huella hídrica azul total para un determinado periodo de tiempo. Para identificar la HH anual, será necesario sumar el promedio de consumo de cada uno de los meses del año, ya que los valores de consumo varían de acuerdo a los periodos estacionales de cada lugar.

$$HH_{\text{azul}} = \left[ \left( \frac{m^3}{\text{mes}} \right) \times (N^{\circ} \text{ de Viv}) \right] \times \text{mes}$$

#### Huella Verde

Se calculará con base en las condiciones climáticas del lugar, dadas en mm de precipitación mensuales, por el área libre del proyecto y por el % de absorción que pueda tener el suelo del lugar. De esta forma, se puede estimar el volumen de agua lluvia que se infiltra al terreno, manteniendo el ciclo hidrológico natural, y que, por consiguiente, no se convierte en escorrentía superficial.

$$HH_{\text{verde}} = \left[ \left( \text{Lluvias} \left( \frac{mm}{\text{mes}} \right) \times \text{área libre} (m^2) \right) \times \left( \% \right)_{\text{absorción}} \right] \times \text{mes}$$

#### Huella Gris

Se calculará, a partir de la suma de los excedentes generados por el uso de agua potable en la Huella Azul, y el volumen de aguas lluvias no infiltrado al terreno, producto del área ocupada o impermeabilizada. Este volumen resultante, se debe multiplicar por el porcentaje estimado de evaporación y/o absorción estimado, de acuerdo a la condición climática del lugar y al tipo de superficie, esto a su vez de debe multiplicar, por el coeficiente estimado de disolución de la carga contaminante en un cuerpo de agua. Dicho coeficiente se estima a partir de documentar la carga contaminante del caso de estudio particular, y las regulaciones ambientales sobre los vertimientos en cada contexto.

$$HH_{\text{gris}} = [(HH_{\text{verde}}) \times (\%)_{\text{absorción}} \times \text{Disolución}] + \left[ \left[ \left( \text{Lluvias} \left( \frac{mm}{\text{mes}} \right) \times \text{área ocupada} (m^2) \right) \times (\%)_{\text{absorción}} \right] \times \left( \frac{\%}{\text{Disolución}} \right) \right]$$

#### Huella Hídrica Total

Se calculará mediante la suma de las huellas hídricas Azul, Verde y Gris. El resultado debe ser el

volumen de agua procesado, en un determinado período de tiempo, semanal, mensual o anual, dependiendo del cálculo parcial realizado.

$$HH_{Total} = (HH_{Azul}) + (HH_{Verde}) + (HH_{Gris})$$

### Huella Hídrica por vivienda

Se calculará dividiendo la HH Azul, Verde y Gris, por el número de viviendas presentes en el conjunto residencial. De esta manera, se puede identificar el valor parcial de cada una de las categorías de HH, así como su influencia unitaria sobre la HH total. Permitiendo así, la identificación de factores formales con mayor influencia sobre la HH total.

Los resultados de este procedimiento, sólo pueden ser comparados entre casos de estudio del mismo contexto. Ya que las condiciones climáticas y la demanda de agua, varían según el lugar, el clima, el nivel socio económico del conjunto, el área de intervención, el diseño urbano y los demás elementos que integran la matriz.

$$HH_{Por\ vivienda} = \left( \frac{HH_{Azul}}{N^{\circ}\ Viviendas} \right) + \left( \frac{HH_{Verde}}{N^{\circ}\ Viviendas} \right) + \left( \frac{HH_{Gris}}{N^{\circ}\ Viviendas} \right)$$

### Indicador de Desempeño Hídrico (DH)

Teniendo en cuenta que las condiciones ambientales de una ciudad en materia hídrica, dependen de la oferta ecosistémica de recursos de la cuenca donde están localizadas (Dourojeanni 2009), y que la morfología urbana está relacionada a los modelos de gestión hídrica de cada ciudad (OECD 2015; Corbella y Pujol 2009). Se hace necesario la conceptualización de un indicador de desempeño, que integre de forma pertinente y coherente las variables urbanas e Hídricas de un caso de estudio, con las condiciones ambientales particulares de cada lugar. Generando así un indicador de desempeño representativo, para el análisis de diferentes casos de estudio localizados en contextos ambientales diferentes.

Con el objetivo de generar un indicador comparable entre diferentes casos de estudio, se establece el concepto de Indicador de Desempeño Hídrico para conjuntos residenciales. Este indicador es el resultado promediado de la de la división de la

HH por vivienda en cada categoría (Azul, Verde y Gris), con el en el número de viviendas presentes en el conjunto.

$$DH = \frac{\left[ \left( \frac{HH_{Per-cápita\ Azul}}{N^{\circ}\ Viviendas} \right) + \left( \frac{HH_{Per-cápita\ Verde}}{N^{\circ}\ Viviendas} \right) + \left( \frac{HH_{Per-cápita\ Gris}}{N^{\circ}\ Viviendas} \right) \right]}{3}$$

A partir del resultado de esta operación (ver Tabla 4), se puede inferir cuál es la relación de desempeño hídrico de los conjuntos residenciales, versus el número de viviendas presentes. Buscando tener el mayor número de viviendas con la menor Huella hídrica por vivienda.

### Matriz de datos

Con base en la definición de los parámetros matemáticos, que vinculan las diferentes variables en el resultado de huella hídrica parcial, total y por unidad. Se procede a diseñar una estructura de datos, donde se agrupan en dos categorías de datos, la información necesaria para su análisis. Con el fin de contar con una estructura de datos flexible, que pueda ser complementada o simplificada según la información disponible, manteniendo siempre la relación entre variables. Así mismo esta estructura de datos permite ser programada en diferentes software, para el cálculo y simulación de la información. En el primer grupo de datos de ser compilan las variables asociados al contexto, las cuales varían según la localización exacta del caso de estudio. Y en el segundo grupo de datos, se compilan las variables relacionadas con las características urbanas y arquitectónicas del conjunto residencial. Esta matriz de análisis a partir de los datos de entrada por categorías, da como resultado el análisis de huella hídrica de acuerdo a los parámetros matemáticos descritos.

La estructuración de los datos, mediante una matriz de análisis, permite realizar el análisis de los casos a partir de la información primaria y secundaria disponible. Así mismo esta matriz permite ser empleada como herramienta para el análisis inverso, es decir poder identificar a partir de un resultado conocido y un contexto determinado, cual podría ser la combinación de variables urbanas y arquitectónicas más adecuada. Permitiendo así poder realizar una modelación integrada de



**Tabla 2** Interpretación del indicador de desempeño hídrico

| INDICADOR | INTERPRETACIÓN   |
|-----------|--|
| > 1       | < Huella Hídrica por vivienda<br>< N° de viviendas<br>Tiende a la alta densidad habitacional |
| ±1        | > Huella Hídrica por vivienda<br>< N° de viviendas<br>Óptimo desempeño hídrico               |
| < 1       | < Huella Hídrica por vivienda<br>> N° de viviendas<br>Tiende a la Baja densidad habitacional |

conjuntos residenciales en escenario de variables predeterminado

### Análisis de Eco-Barrios

Con el fin de verificar la pertinencia de las variables urbano-arquitectónicas seleccionadas, correlacionadas al recurso hídrico, se realizó un análisis de tres casos ejemplares de conjuntos residenciales a nivel internacional, y tres casos locales. Se seleccionaron para el análisis de Eco-barrios, casos que incorporan tanto en su forma como en su infraestructura estrategias y tecnologías para la gestión adecuada del recurso hídrico. Luego se realizó la selección de tres casos de estudio en la ciudad de Concepción, con escalas similares, pero con configuraciones morfológicas, arquitectónicas y urbanas diferentes entre sí. Buscando así identificar patrones de ocupación o densidad que validarán el inventario de variables realizado.

#### East Village, Londres, Reino Unido.

Conjunto de viviendas construido para albergar a los participantes en las olimpiadas de Londres 2012. Hace parte de un conjunto de obras de renovación urbana en el sector Noreste de la ciudad. Dentro de sus estrategias, se destaca la integración de un humedal artificial para manejo de aguas lluvias en el centro del conjunto, así como la recolección almacenamiento y reutilización de aguas lluvias a partir de cubiertas verdes. En este caso, se integran en las viviendas, equipos de bajo consumo de agua en los equipos sanitarios, y sistemas de ahorro y aireadores en las griferías (REF), reduciendo el consumo a aproximadamente 105 litros por habitante al día (LLDC 2012, 2014)

Se identifica en este caso de estudio, una ocupación en edificios de mediana altura, entre 8 y 12 pi-

**Figura 3** Estructura de datos en la matriz

os, y una baja ocupación del suelo, con alta densidad poblacional. Lo que da cuenta de una relación entre el área de ocupación y el nivel de escorrentía urbana. Que en este proyecto además se gestiona a partir de una zona de humedal urbano que se articula a un sistema hídrico mayor, el Wetlands Walk, y a su vez con el río Lea. Lo que convierte a este conjunto residencial en un proyecto urbano-arquitectónico, que integra las variables ambientales del entorno en su morfología y en las estrategias tecnológicas para el manejo del RH.

#### Trinitat Nova, Barcelona, España

Conjunto de vivienda colectiva, localizado en la zona Norte de la ciudad de Barcelona. Hace parte de un proyecto de renovación urbana y arquitectónica del sector, mediante la reposición de edificaciones residenciales deterioradas. Se destaca de este proyecto, el desarrollo progresivo de cada una de las edificaciones nuevas, junto a un importante trabajo social con la comunidad, ya que

al realizar los recambios de viviendas, se generan nuevos procesos de interacción comunitaria (gea21 2004; Grau 2010).

Este proyecto cuenta con una baja ocupación del suelo, desarrollando bloques de vivienda en alturas variables entre 4 y 10 pisos, dejando el resto del área de intervención como espacios públicos. Posee un área de pavimentos considerable, donde se implementan materiales absorbentes, buscando de esta forma un control de la escorrentía superficial, reduciendo de esta forma la contaminación difusa producto de la impermeabilización del suelo. Se destaca la incorporación de equipos de bajo consumo de agua en las unidades habitacionales. Así mismo se destaca la campaña de educación ambiental realizada con la comunidad, para sensibilizar acerca del uso responsable del agua y la energía en cada vivienda.

#### Vauban Allie, Friburgo, Alemania

Conjunto urbano de usos mixtos, mayormente residencial, localizado en la zona sur de la ciudad de Friburgo, Alemania. Hace parte de un master plan de renovación urbana de una antigua base militar, donde se generaron áreas de espacio público y bloques de vivienda de baja altura, entre 3 y 6 pisos. En proyecto integra premisas de sostenibilidad urbana, como priorizar el transporte público, integración de tecnologías y sistemas de generación energética alternativos en las edificaciones, altos niveles de eficiencia energética a partir de la calidad constructiva, gestión integrada de los residuos sólidos urbanos, entre otros. Este desarrollo urbano, es referente internacional para el diseño de barrios sustentables, por su integración y tiempo de desarrollo (Kasioumi 2011; Wong y Yuen 2011).

En este conjunto residencial, se destaca la presencia de áreas verdes, donde se mezclan los senderos de acceso peatonal en materiales permeables, con las zonas públicas verdes, generando amplias áreas de infiltración, donde se reduce el fenómeno de contaminación difusa. En algunas áreas del proyecto, se encuentran localizadas zonas de humedal temporal, donde se recoge el agua lluvia, producto de fuertes eventos climáticos. Se destaca también el uso de equipos de bajo consumo en las viviendas, y una importante campaña pedagógica con los habitantes,

que sensibiliza respecto al uso responsable de los recursos naturales.

A partir del análisis de los conjuntos internacionales destacados, se evidencia una relación entre el área ocupada y el área libre en cada uno de los proyectos (ver Tabla 2), donde el área de ocupación por parte de edificaciones no supera el 25%, generando en todos los casos concentración de las viviendas en edificaciones de mediana altura. Se evidencia una relación entre el área libre, el área ocupada y la densidad habitacional de cada conjunto. Así mismo se puede ver que en todos los casos analizados, se incorporan en diversas escalas, elementos y tecnologías en favor de la de gestión sostenible del recurso hídrico, como la recolección de las aguas lluvias por medio de las cubiertas verdes, los pavimentos permeables, humedales artificiales, incorporación de equipos de bajo consumo en cada una de las viviendas, entre otros.

#### Casos de estudio en Concepción, Chile

Conjunto de vivienda, localizado en el centro de la ciudad de Concepción. Se reconoce por ser una obra de arquitectura moderna pionera en la ciudad (Fuentes 2011a, 2011b). Cuenta con bloques de vivienda repartidos en dos manzanas, donde se relacionan en un amplio espacio público, áreas de acceso vehicular y áreas verdes. Posee características de ocupación, densidad y altura similares a la de los casos internacionales. Sin embargo, este conjunto de vivienda no cuenta con ningún sistema de gestión de aguas, más allá de la infraestructura provista por la empresa prestadora de servicios sanitarios de la Ciudad (ESSBIO).

#### Sector Tres Pascualas

Sector tradicional, localizado en el centro de Concepción. Se caracteriza por ser un conjunto de viviendas dentro de la trama urbana tradicional de la ciudad, con viviendas unifamiliares de baja densidad, en máximo 3 niveles de altura. Se identifica en esta conformación un patrón de ocupación sobre las fachadas y la existencia de áreas libres al interior de la manzana, lo que evidencia una relación entre áreas ocupadas y áreas libres privadas interiores. El área libre en esta configuración, corresponde a áreas privadas al interior de cada uno de los lotes, condición que puede generar alteraciones en la relación numérica de las superficies con el agua lluvia, ya que no es posible

Figura 4 Áreas East village, Londres.



Figura 5 Áreas Trinitat Nova, Barcelona

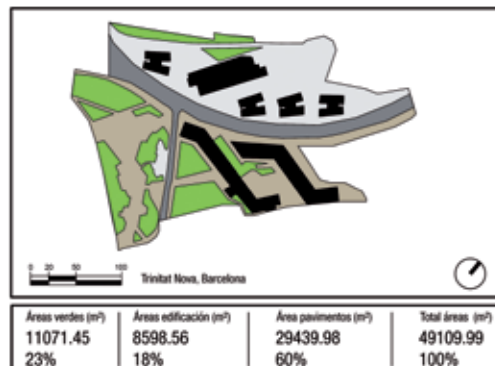


Figura 6 Áreas Vauban Allie, Friburgo



Figura 7 Áreas Remodelación Paicavi

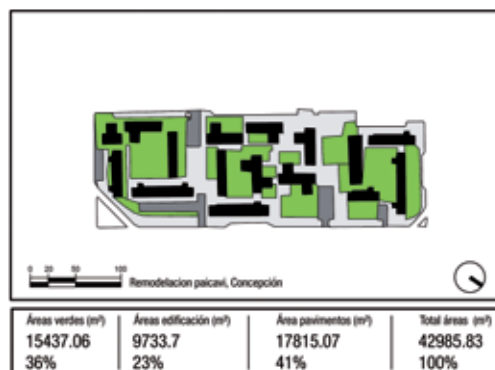


Figura 8 Áreas sector Tres Pascualas

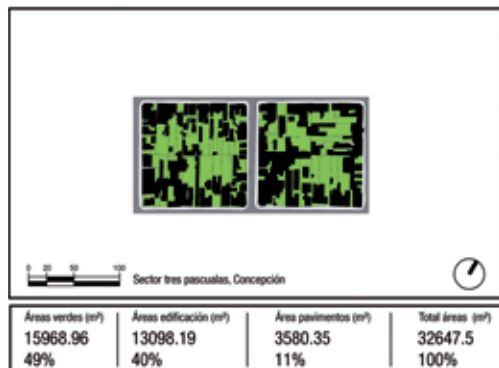


Figura 9 Áreas Cerro la Virgen



definir con precisión el estado actual de las superficies libres, puesto que cada residente altera su área privada de acuerdo a sus intereses.

### Cerro la Virgen

Conjunto residencial de baja densidad, presente en la zona central de la ciudad de Concepción,

con viviendas unifamiliares de máximo 3 niveles, sobre una topografía en pendiente, de trazado irregular. Las áreas libres en este conjunto, son principalmente privadas, localizadas al interior de cada uno de los lotes. Resalta dentro del conjunto la existencia de zonas verdes, gracias al carácter suburbano del conjunto.

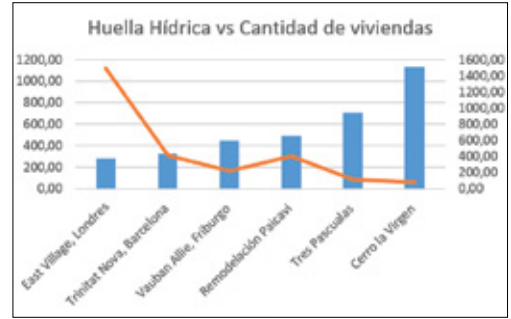
## Resultados

A partir de la información recolectada en los casos de estudio seleccionados, se procedió a aplicar la matriz de análisis diseñada, dando como resultado una tabla de valores para cada caso de estudio (Tabla 3), donde se pueden comparar cada uno de los valores para cada caso de estudio. Debido a la dificultad en encontrar información de demanda de agua potable para cada uno de los casos ejemplares, se asumió un valor uniforme para todos ellos de 10.50 mt<sup>3</sup>, lo que equivale un consumo mensual por vivienda acorde a las recomendaciones de consumo responsable de agua a nivel internacional.

Se observa que los casos de estudio internacionales, presentan una HH por vivienda, significativamente menor a la presentada por los casos de estudio localización en Concepción, por lo cual se asume la relevancia de los sistemas de manejo de agua y su adaptación. Así mismo cuando estos valores de HH por vivienda se comparan con el número de viviendas presentes en cada uno de los conjuntos, se identifica como los casos locales de conformación tradicional, sin integración de tecnologías para la gestión del agua, cuentan con una HH por vivienda mayor al de los casos internacionales.

Con respecto al indicador de desempeño hídrico, se observa que el conjuntos east village, Londres, es el que tiene un indicador más alto, lo que significa que dicho conjunto cuenta con una alta población con baja huella hídrica, más una demanda conjunta de agua potable muy alta. Por el contrario el conjunto que mejor indicador de desempeño hídrico arroja, es el Vauban Allie, Friburgo, el cual cuenta con la relación de áreas, densidad y conformación urbana más equilibrada. Este contraste entre los casos de estudio, evidencia la coherencia del indicador resultante, ya que los resultados del análisis, son coherentes con la realidad de los casos de estudio. Esta afirmación se ve reforzada al analizar los resultados de los casos de estudio en la ciudad de concepción, donde el conjunto Remodelación Paicavi, da como resultado el indicador de desempeño hídrico más alto, y que es el conjunto con la mayor densidad habitacional de los conjuntos locales. Caso contrario se encuentra el conjunto Cerro la Virgen, el cual cuenta con el

Figura 10 Gráfica comparativa HH/viv vs N° de viv



indicador de desempeño hídrico más bajo, lo cual es coherente con su densidad habitacional.

Estos resultados, evidencian una conexión entre la densidad habitacional, la ocupación del suelo y el nivel de desempeño hídrico. Dando de esta forma, validez conceptual y procedimental al conjunto de indicadores seleccionados, así como a la matriz de análisis seleccionada.

## Conclusiones

El diseño y construcción de las ciudades requiere integrar factores ambientales para asegurar el desarrollo sostenible. Las áreas urbanas producen un sustancial consumo de recursos hídricos y se carece de condiciones que puedan orientar una gestión más eficiente. Este trabajo revisa indicadores hídricos para que los proyectos urbanos residenciales puedan ser un factor activo en una gestión urbana sostenible del agua.

Primeramente se dimensiona la magnitud del consumo urbano de recursos hídricos urbanos, evidenciados en la situación de Chile, que evidencia una alta concentración residencial (94,16%, equivalentes a 80.000.000 de m<sup>3</sup> mensuales, 170 jts. diario por persona), y por consiguiente su participación en la sostenibilidad urbana. Así como las iniciativas de identificar variables que relacionen la conformación urbana y el desempeño hídrico, que motivan esta indagación en las áreas habitacionales.

Posteriormente se expresa un inventario de variables sustentadas en las entradas y salidas de recursos hídricos en los conjuntos residenciales, conformando indicadores basados en la estructu-

Tabla 3 Tabla de resultados

| CASOS DE ESTUDIO     |                                   |                                      |                       |                          |                        |                      |                |                 |
|----------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|----------------|-----------------|
| VARIABLES RELEVANTES |                                   |                                      | INTERNACIONALES       |                          |                        | CONCEPCIÓN           |                |                 |
| Categoría            | Variable                          | Und                                  | East Village, Londres | Trinitat Nova, Barcelona | Vauban Allie, Friburgo | Remodelación Paicavi | Tres Pascualas | Cerro la Virgen |
| CONTEXTO             | Pluviometría                      | mm/año                               | 987.00                | 628.00                   | 892.00                 | 1107.70              | 1107.70        | 1107.70         |
|                      | Demanda de agua pot. por vivienda | m <sup>3</sup> /mes/viv              | 10.50                 | 10.50                    | 10.50                  | 15.60                | 15.60          | 15.60           |
|                      | Demanda de agua pot. por persona  | m <sup>3</sup> /mes/per              | 100.00                | 100.00                   | 100.00                 | 115.30               | 115.30         | 115.30          |
| INFORMACIÓN URBANA   | Área terreno                      | m <sup>2</sup>                       | 103979.96             | 49109.99                 | 70987.78               | 42985.83             | 32647.50       | 55774.65        |
|                      | Área libre                        | m <sup>2</sup>                       | 88382.97              | 40270.42                 | 53240.84               | 33099.09             | 15968.96       | 40270.42        |
|                      | Área ocupada                      | m <sup>2</sup>                       | 15596.99              | 8839.80                  | 17746.95               | 9886.74              | 16678.54       | 15504.23        |
|                      | Índice de ocupación               | %                                    | 15%                   | 18%                      | 25%                    | 23%                  | 51%            | 28%             |
|                      | Número de viviendas               | unid                                 | 1491.00               | 414.00                   | 221.00                 | 399.00               | 109.00         | 82.00           |
|                      | Densidad habitacional             | viv/ha                               | 143.39                | 84.30                    | 31.13                  | 92.82                | 33.39          | 14.70           |
| RESULTADOS           | Huella hídrica total              | m <sup>3</sup> /año                  | 414303.30             | 133781.37                | 98786.59               | 197001.00            | 76973.24       | 92482.38        |
|                      | Huella hídrica por vivienda       | (m <sup>3</sup> /año)/viv            | 277.87                | 323.14                   | 447.00                 | 493.74               | 706.18         | 1127.83         |
|                      | HH Azul por vivienda              | (m <sup>3</sup> /año)/viv            | 126.00                | 126.00                   | 126.00                 | 187.20               | 187.20         | 187.20          |
|                      | HH Verde por vivienda             | (m <sup>3</sup> /año)/viv            | 58.51                 | 61.09                    | 214.89                 | 91.89                | 162.28         | 543.99          |
|                      | HH Gris por vivienda              | (m <sup>3</sup> /año)/viv            | 93.36                 | 136.06                   | 106.11                 | 214.65               | 356.69         | 396.64          |
|                      | HH por área                       | (m <sup>3</sup> /año)/m <sup>2</sup> | 3.98                  | 2.72                     | 1.39                   | 4.58                 | 2.36           | 1.66            |
|                      | Indicador de desempeño            | factor                               | 17.76                 | 4.37                     | 1.39                   | 2.78                 | 0.52           | 0.27            |

ra conceptual de la huella hídrica. Estableciendo tres tipos (Huella Azul, Huella Verde y Huella Gris), que abarcan distintas variables formales del diseño arquitectónico y urbano de las áreas habitacionales que inciden en los consumos de agua, en diferentes escalas (interior de la vivienda, morfología urbana y contexto geográfico).

En el análisis de tres casos ejemplares internacionales se evidencia la alta densidad residencial con amplias superficies libres, con tratamientos materiales y conciencia pública, revelando también características de distribución formal y viaria de los conjuntos. En la revisión de casos locales,

de la ciudad de Concepción, en tres áreas residenciales de diferente conformación, expresan una mayor ocupación territorial con baja densidad y ausencia de estrategias urbanas de manejo o difusión de la gestión hídrica, lo que es general en la situación latinoamericana.

Esta comparación permite detectar factores relevantes del diseño arquitectónico y urbano que influyen en los indicadores y por ende, en los consumos de recursos hídricos, sugiriendo una matriz de análisis para integrar las variables en una evaluación ambiental del proyecto residencial. La matriz se estructura con los tres tipos de

huella hídrica básica (Azul, Verde y Gris), a partir de datos morfológicos, de consumo operacional y capacidad acuifera de la cuenca, los cuales componen una huella hídrica total y una unitaria (por vivienda), que permiten generar un indicador de desempeño hídrico por zona residencial urbana.

Se evidencian relaciones entre las estrategias de ocupación urbana y sus condiciones naturales, revelando que se deben incorporar estas variables para la sostenibilidad ambiental de los nuevos desarrollos urbanos.

## Referencias

- AENOR, 2015. UNE-ISO 14046. 2015. España: s.n.
- AGORAMOORTHY, G. 2013. The Water Footprint of Modern Consumer Society By Arjen Y. Hoekstra. **Water Resources Management** [en línea]. Vol. 27, no. 11, pp. 3847-3848. ISSN 0920-4741. DOI 10.1007/s11269-013-0409-x. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s11269-013-0409-x>.
- AQUA-RIBA 2015. **GUÍA PARA LA INCORPORACIÓN DE LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA EN ÁREAS URBANAS**. Sevilla: s.n.
- BECK, M.B. y CUMMINGS, R.G. 1996. **Wastewater infrastructure. Habitat International** [en línea]. Vol. 20, no. 3, pp. 405-420. ISSN 01973975. DOI 10.1016/0197-3975(96)00022-7. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0197397596000227>.
- BERGER, M. y FINKBEINER, M. 2010. Water footprinting: How to address water use in life cycle assessment? **Sustainability**. Vol. 2, no. 4, pp. 919-944. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su2040919.
- BORREGAARD, N. et al 2012. **¿Cuáles son los desafíos y oportunidades para una gestión más sostenible, justa y transparente del recurso hídrico?** [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 11 mayo 2014]. ISBN 9789567065219. Disponible en: [http://www.crdp.cl/biblioteca/hidrico/AGUA\\_Y\\_MEDIO\\_AMBIENTE\\_ANDESS-CIPMA\\_Informe\\_Enero\\_2012.pdf](http://www.crdp.cl/biblioteca/hidrico/AGUA_Y_MEDIO_AMBIENTE_ANDESS-CIPMA_Informe_Enero_2012.pdf).
- CARMON, N., SHAMIR, U. y MEIRON-PISTINER, S. 1997. Water-sensitive Urban Planning: Protecting Groundwater. **Journal of Environmental Planning and Management**. Vol. 40, no. 4, pp. 413-434. ISSN 0964-0568. DOI 10.1080/09640569712010.
- CARRASCO, G. 2009. Proyecto Ecocity Manual Para El Diseño De Ecociudades En Europa. **Revista INVI**. Vol. 24, no. 65, pp. 197-200. DOI 10.4067/S0718-83582009000100007.
- CARTES, I. 1997. **Sustainable principles of neighbourhood regeneration with reference to Chile**. [en línea]. S.l.: University of Nottingham. Disponible en: <http://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.339649> Title:
- CAU, C. de A.U. 2003. **¿Quién Debe Pagar por las Aguas Lluvias?** [en línea]. Santiago: Disponible en: <http://www.centroaguasurbanas.cl/main.htm>.
- CEPAL 2010. **La incertidumbre de los recursos hídricos y sus riesgos frente al cambio climático**. [en línea]. Santiago de Chile: Disponible en: [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38274/S1500538\\_es.pdf?sequence=1](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38274/S1500538_es.pdf?sequence=1).
- CORBELLA, H.M. y PUJOL, D.S. 2009. ¿QUÉ SE ESCONDE DETRÁS DEL CONSUMO DOMÉSTICO DE AGUA? UN ESTADO DE LA CUESTIÓN SOBRE LOS DETERMINANTES DEL CONSUMO DE AGUA EN LAS CIUDADES. **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles** [en línea]. no. 50, pp. 429-434. ISSN 02129426. Disponible en: [http://boletin.age-geografia.es/articulos/50/28\\_MARCH.pdf](http://boletin.age-geografia.es/articulos/50/28_MARCH.pdf).
- DAMICO, F.C., ALVARADO, R.G., BRUSCATO, U., KELLY, M.T., OYOLA, O.E. y DIAZ, M. 2012. Análisis energético de las viviendas del centro-sur de Chile. **Arquitectura Revista** [en línea]. Vol. 8, no. 1, pp. 62-75. [Consulta: 24 abril 2014]. ISSN 1808-5741. DOI 10.4013/arq.2012.81.07. Disponible en: <http://revistas.unisinos.br/index.php/arquitetura/article/view/arq.2012.81.07>.
- DOUROJEANNI, A. 2009. Los desafíos de la gestión integrada de cuencas y recursos hídricos en América Latina y el Caribe. **DELOS** [en línea]. Vol. 3, no. 8, pp. 1-13. [Consulta: 2 junio 2014]. Disponible en: <http://www.eumed.net/rev/delos/08/acd.pdf>.
- DUQUE, G. 2003. **Manual de geología para ingenieros** [en línea]. Manizales: Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>.
- ESTÉVEZ, C., 2014. **Investigación en asuntos hídricos Una mirada desde la Dirección General de Aguas** [en línea]. 2014. Santiago de Chile: Ministerio de Obras Públicas. Disponible en: [http://www.dga.cl/DGADocumentos/Investigacion\\_del\\_Recurso\\_Hidrico\\_una\\_mirada\\_desde\\_a\\_DGA.pdf](http://www.dga.cl/DGADocumentos/Investigacion_del_Recurso_Hidrico_una_mirada_desde_a_DGA.pdf).

- FARR, D. 2007. **Sustainable Urbanism: Urban Design With Nature** [en línea]. S.l.: Wiley. ISBN 978-0-471-77751-9. Disponible en: <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd/047177751X.html>.
- FERNANDEZ, B., MONTT, J. y RIVERA, P., 2003. **Nuevos Enfoques para el Drenaje Urbano de Aguas Lluvias**. 2003. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- FUENTES, P. 2011a. IMAGEN Y OBJETIVOS DE LA CIUDAD FUNCIONAL: CONJUNTOS HABITACIONALES MODERNOS, AVDA LOS CARRERA, CONCEPCIÓN. **Urbano** [en línea]. Vol. 1, no. 24, pp. 22-33. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19821398003>.
- FUENTES, P. 2011b. LA CONFORMACIÓN IDEAL DE LA CIUDAD FUNCIONAL A TRAVES DE CONJUNTOS HABITACIONALES. AVDA. LOS CARRERA, CONCEPCIÓN. **Urbano** [en línea]. Vol. 1, no. 23, pp. 72-74. ISSN 0717-3997. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/198/19818886007.pdf>.
- GAFFRON, P., HUISMANS, G. y SKALA, F. 2008. **La ecociudad: un lugar mejor para vivir** (Libro 1). 2008. S.l.: Universidad de Ciencias Económicas y Administración de Empresas de Viena. El. ISBN 9788488949929.
- GEA21 2004. **Ecobarrio de Trinitat Nova, Propuesta de Sostenibilidad Urbana**. . pp. 1-328.
- GILL, S.E., HANDLEY, J.F., ENNOS, A.R. y PAULEIT, S. 2007. **Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure**. . Vol. 33, no. 1, pp. 115-133. ISSN 0263-7960. DOI 10.2148/benv.33.1.115.
- GONZÁLEZ, A. 2013. **INTEGRACIÓN CURRICULAR DE LA SOSTENIBILIDAD EN LA FORMACIÓN DE ARQUITECTOS EN AMÉRICA LATINA**. S.l.: Universidad del Bío-Bío.
- GRAU, L., 2010. **Barrio Sostenible en Barcelona**. 2010. Madrid: Congreso Nacional de Medio Ambiente.
- GWP 2000. **Manejo integrado de recursos hídricos**. S.l.: s.n. ISBN 9163100584.
- GWP 2008. **Principios de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos**. S.l.: s.n.
- HERNÁNDEZ, A., VELÁZQUEZ, V., VERDAGUER, C. y CÁRDENAS, V. 2009. Ecobarrios para ciudades mejores. CIUDAD Y TERRITORIO **Estudios Territoriales** [en línea]. pp. 543-558. Disponible en: [http://oa.upm.es/5841/1/CyTET\\_161\\_162\\_543.pdf](http://oa.upm.es/5841/1/CyTET_161_162_543.pdf).
- HOEKSTRA, A.Y., CHAPAGAIN, A.K., ALDAYA, M.M. y MEKONNEN, M.M. 2011. **The Water Footprint Assessment Manual**. 1. London; Washington, DC: s.n. ISBN 978-1-84971-279-8.
- HOWE, C. a., BUTTERWORTH, J., SMOUT, I.K., DUFFY, A.M. y VAIRAVAMOORTHY, K. 2011. **Sustainable Water Management in the City of the Future** [en línea]. S.l.: UNESCO-IHE. ISBN 978-90-73445-00-0. Disponible en: [http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/Switch\\_-\\_Final\\_Report.pdf](http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/Switch_-_Final_Report.pdf).
- ISAZA, J., GARCÍA, R. y CARTES, I. 2015. Modelación integrada de conjuntos urbanos residenciales con alto desempeño hídrico. En: **BLUCHER** (ed.) [en línea]. São Paulo: s.n., pp. 328-335. Disponible en: <http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/sigradi2015/80077.pdf>.
- ISO 2013. ISO / TS 14067 : 2013 **Greenhouse gases -- Carbon footprint of products -- Requirements and guidelines for quantification and communication** [en línea]. ISO/TC 207/SC 7. ISO/TC 207/SC 7. Disponible en: [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail?csnumber=59521](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=59521).
- ISO 2014. **ISO 37120 : 2014** [en línea]. 37120:2014. 37120:2014. Disponible en: [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail?csnumber=62436](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=62436).
- JANDA, K.B. 2009. Buildings Don' t Use Energy: People Do. PLEA 2009 - 26th **Conference on Passive and Low Energy Architecture**, Quebec City Canada, 22-24 June 2009. no. June 2009, pp. 6. DOI 10.3763/asre.2009.0050.
- KASIOUMI, E. 2011. Sustainable urbanism: Vision and planning process through an examination of two model neighborhood developments. **Berkeley Planning Journal** Vol. 24, no. 1, pp. 91-114. ISSN 10475192.
- LLDC, 2012. **Your Sustainability Guide to Queen Elizabeth Olympic Park 2030**. 2012. London: London Legacy Development Corporation.
- LLDC 2014. **YOUR PARK , OUR PLANET**. . London:
- LOAIZA, W., REYES, A. y CARVAJAL, Y. 2012. Aplicación del Índice de Sostenibilidad del Recurso Hídrico en la Agricultura (ISRHA) para definir estrategias tecnológicas sostenibles en la microcuencia

- Centella. **Ingeniería y Desarrollo** [en línea]. Vol. 30, no. 2, pp. 160-181. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-34612012000200003&lang=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612012000200003&lang=pt).
- MENG, J., CHEN, G.Q., SHAO, L., LI, J.S., TANG, H.S., HAYAT, T., ALSAEDI, A. y ALSAADI, F. 2014. Virtual water accounting for building: case study for E-town, Beijing. **Journal of Cleaner Production** [en línea]. Vol. 68, pp. 7-15. [Consulta: 7 mayo 2014]. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2013.12.045. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613008998>.
- MINAMBIENTE 2010. **Política Nacional Recurso Hídrico**. S.l.: s.n. ISBN 9789588491356.
- MOP 2012. **Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012 - 2025**. [en línea]. 1. Santiago: Disponible en: [http://www.mop.cl/Documents/ENRH\\_2013-OK.pdf](http://www.mop.cl/Documents/ENRH_2013-OK.pdf).
- MOUGHTIN, C. y SHIRLEY, P. 2005. Urban design: Green dimensions. **Elsevier - Architectural Press** [en línea]. pp. 267. ISSN 02642751. DOI 10.1016/S0264-2751(97)82710-2. Disponible en: [https://www.academia.edu/5268050/\\_Architecture\\_Ebook\\_Urban\\_Design\\_-\\_Green\\_Dimensions](https://www.academia.edu/5268050/_Architecture_Ebook_Urban_Design_-_Green_Dimensions).
- MUNIZAGA, G. 2014. **Diseño Urbano: Teoría y Método**. 3a Edición. Santiago de Chile: s.n. ISBN 9789561414051.
- OECD 2015. del **Agua para Ciudades del Futuro**. [en línea]. S.l.: Disponible en: <http://www.oecd.org/regional-policy/gobernanza-agua-ciudades-nota.pdf>.
- PADRÓN, A. y CANTÚ, P. 2009. **EL RECURSO AGUA EN EL ENTORNO DE LAS CIUDADES SUSTENTABLES**. Culcyt, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Vol. 31, no. 6, pp. 15-25.
- PARADA, G. 2012. El agua virtual: conceptos e implicaciones. **Orinoquia** [en línea]. Vol. 16, no. 01, pp. 69-76. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v16n1/v16n1a08.pdf>.
- PÉREZ, J. y SOLÍS, J. 2014. **EVALUACIÓN DE LA FOOTPRINT FAMILY EN EDIFICACIÓN**. S.l.: Universidad de Sevilla.
- PRIETO, A.M. 2015. **SISTEMATIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA UNA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL CICLO URBANO DEL AGUA. REPERCUSIONES ESPACIALES, CONSTRUCTIVAS Y ECONÓMICAS EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO**. [en línea]. S.l.: Universidad de Sevilla. Disponible en: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/34712>.
- REVILLA, V., 2013. **La Ciudad Verde. Huella de carbono y Agua en el Municipio de la Paz**. 2013. La Paz, Bolivia: s.n.
- ROZOS, E. y MAKROPOULOS, C. 2012. Assessing the combined benefits of water recycling technologies by modelling the total urban water cycle. **Urban Water Journal** [en línea]. Vol. 9, no. 1, pp. 1-10. ISSN 1573-062X. DOI 10.1080/1573062x.2011.630096. Disponible en: <Go to ISI>://WOS:000302543800001.
- SALOMÓN, M. 2003. **Indicadores de desempeño para la Gestión Integral en los Recursos Hídricos**. [en línea]. Disponible en: [http://www.imd.uncu.edu.ar/upload/04-Presentacion\\_M.SALOMON\\_.pdf](http://www.imd.uncu.edu.ar/upload/04-Presentacion_M.SALOMON_.pdf).
- SESSA, C., PENNINX, R., LÓPEZ, E., MARTINELLI, F., MOULAERT, F., HILLMANN, F., NILSSON, K. y SICK, T. 2010. **World and European Sustainable Cities Insights from EU research**. S.l.: s.n. ISBN 9789279157004.
- SISS 2009. **SISS da a conocer nivel de consumo de agua potable en el país**. [en línea]. S.l.: Disponible en: [http://www.siss.gob.cl/577/articles-7663\\_recurso\\_5.pdf](http://www.siss.gob.cl/577/articles-7663_recurso_5.pdf).
- SISS 2012a. **Informe de Gestión del Sector Sanitario 2012**. Santiago:
- SISS 2012b. **Manual para el consumo responsable de agua potable**. .
- SISS 2015. **Informe de Gestión del Sector Sanitario 2014**. [en línea]. Santiago de Chile: Disponible en: [http://www.siss.gob.cl/577/articles-11831\\_recurso\\_1.pdf](http://www.siss.gob.cl/577/articles-11831_recurso_1.pdf).
- SOLÍS-GUZMÁN, J. 2013. Metodología para determinar la huella ecológica de la construcción de edificios de uso residencial en España. En: UNIVERSIDAD DE SEVILLA (ed.), **Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Ecoeficientes** [en línea]. Sevilla: s.n., pp. 369-393. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4472873>.
- SSW, 2010. **Water use in your home Tips to help save water Save water, save money and help the environment**. [en línea]. 2010. Geern Lane: South Staffs Water. Disponible en: [www.south-staffs-water.co.uk](http://www.south-staffs-water.co.uk).



THOMAS, T. 1998. Domestic water supply using rainwater harvesting. **Building Research & Information** [en línea]. Vol. 26, no. 2, pp. 94-101. [Consulta: 5 mayo 2014]. ISSN 0961-3218. DOI 10.1080/096132198370010. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/096132198370010>.

ULIAN, G. 2011. **ESTRATÉGIAS DE EXTENSION URBANA SOSTENIBLE A PARTIR DE LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**. S.l.: Universidad del Bío-Bío.

ULIAN, G. 2014. **Metodología para la gestión urbana a través de indicadores de Hidricidad**. S.l.: Universidad del Bío-Bío.

UN, 1987. **Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo**. 1987. S.l.: Asamblea General de las Naciones unidas.

UN, 1992. **Programa 21** [en línea]. 1992. S.l.: s.n. Disponible en: <http://www.un.org/spanish/esa/sust-dev/agenda21/>.

UN 2012. **World Water Development Report 4**. S.l.: s.n. ISBN 978-92-3-104235-5.

UNESCO/UIA, 2005. **CARTA UNESCO/UIA**. 2005. Barcelona: s.n.

VANEGAS, J.A. 2006. **¿Cómo incorporar los criterios y principios de la sostenibilidad en el diseño, construcción y gestión de las infraestructuras?** *Ekonomiaz*. Vol. 63, no. 3o cuatrimestre, pp. 88-111.

WBCSD 2006. **Facts and Trends: Water**. *World Business Council for Sustainable Development*. pp. 16. DOI 10.1080/0379772780030302.

WONG, T.-C. y YUEN, B. 2011. **Eco-city Planning Policies, Practice and Design**. S.l.: Springer. ISBN 9789400703827.

WORLD BANK, 2014. **World Development Indicators** [en línea]. 2014. S.l.: s.n. Disponible en: <http://databank.worldbank.org/data/views/reports/tableview.aspx>.

ZALAMEA, E. y GARCÍA, R. 2014. Diseño arquitectónico integrado de sistemas solares térmicos en techumbres de viviendas Integrated architectural design of active solar thermal collector at dwelling 's roofs Introducción. **Arquitectura y Urbanismo**. Vol. XXXV, no. 3, pp. 18-36.

# Reacondicionamiento bioclimático de edificaciones existentes mediante el uso de simulación energética

---

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA – COSTA RICA

Andrea Sancho Salas

## Introducción

La existencia de la arquitectura se debe en sí a la presencia de las condiciones del ambiente exterior, ya que es debido a éstas que el hombre ha tenido la necesidad de refugiarse en busca del confort y de una mejora en su calidad de vida. El refugio se ha convertido en la defensa más elaborada contra la gran variedad de climas y a medida que ha evolucionado se ha diversificado con ingenio.

Después de años de industrialización, el mundo se encuentra en una etapa de revaloración, donde el objetivo primordial es buscar la personalización de los espacios. En la actualidad, lo fundamental en el diseño debe ser lograr condiciones de confort ambiental para los ocupantes de las edificaciones, así como ahorrar y hacer un uso eficiente de la energía, preservando y mejorando el ambiente y la calidad de vida del hombre y sus futuras generaciones. Dependiendo de la sociedad, así va a ser la manera en que se quiera vivir y el tipo de vivienda que se quiera desarrollar. Por esta razón, utilizar el clima como una herramienta para diseñar una edificación es una necesidad. La pluralidad bioclimática con la que cuenta Costa Rica debido a su ubicación geográfica y la amplitud altitudinal de su territorio es innegable. Sin embargo, el diseño de las edificaciones alrededor del país es muy similar.

Esta metodología busca un entendimiento alternativo de la relación entre el ser humano, el edificio y su entorno. Se analiza la afectación del ambiente climático interior de edificaciones existentes en

tres zonas de vida de Costa Rica (Figura 2). El diseño óptimo de cerramientos es considerado una tarea importante entre las medidas a implementar para ahorrar energía en los edificios, por lo que se propone evaluarlos con especial atención en las condiciones climáticas locales. Además, con el fin de lograr planteamientos aplicables en otras regiones con características medioambientales similares, se utilizan como parámetros la temperatura y humedad de las tres zonas de vida.

Mediante la manipulación de los datos climáticos, se obtiene un punto de partida fundamentado en el comportamiento ambiental real y mediante una calibración, se realizan simulaciones energéticas en un ambiente digital para identificar cómo se puede mejorar y optimizar el confort del ser humano en el espacio. Todo lo anterior, con la intención de encontrar una respuesta más congruente a la sociedad y el hábitat de Costa Rica.

## Marco Teórico

Con el propósito de tener un marco de referencia al orientar la investigación y estudiar afirmaciones que posteriormente se someten a comprobación, se analizan una serie de conceptos para interpretar los resultados.

## Cerramientos

El sistema de cerramiento, también conocido como envolvente, es un sistema primario pasivo que tiene una serie de requerimientos principales como el control de flujo de aire, control de flujo de vapor de agua, penetración de la lluvia y de la luz,

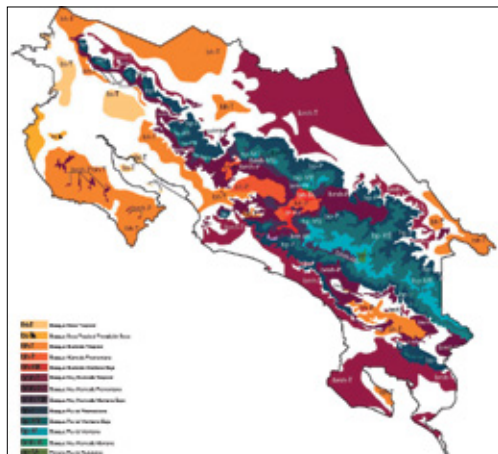
**Figura 1** Imágenes correspondientes a 2 viviendas en Costa Rica, en donde se pueden observar similitudes en los materiales utilizados, ventanería y techos, a pesar de ser dos climas opuestos. (Izquierda) Vivienda en Guardia, Liberia, BsT (derecho) Vivienda en San Antonio, Turrialba, Bmhp.



Figura 2 Identificación de las zonas de vida en estudio y ubicación de edificaciones analizadas.



Figura 3 Mapa de Ecología según Zonas de Vida en Costa Rica



control solar, control del ruido y del fuego, proveer rigidez, ser durable, estéticamente placentero y económico (HUTCHCO, 1968). Otra manera de definirlo es, aquel medio físico que separa el exterior y el interior de un edificio para delimitar el espacio arquitectónico y acondicionarlo de manera tal que pueda cumplir las funciones para la que fue creado.

La envolvente es una estructura compleja conformada por un conjunto de sistemas individuales: piso, cubierta, tragaluces, paredes, pieles, puertas y ventana. La integración de estos sistemas es crítica en el confort interno durante todo el año. Los materiales juegan un papel importante, ya que pueden ser ensamblados de múltiples maneras y depende de estos acoples el desempeño climático que tenga el edificio. Conocer las condiciones climáticas de la región donde se construye es imprescindible, ya que de esta manera se puede evaluar las necesidades del cerramiento a implementar: ganancia o pérdida de calor, penetración de la humedad, ventilación, hermetismo, infiltración, entre otras.

## Zonas de Vida

Existen diferentes clasificaciones climáticas del territorio nacional. Para efectos de esta investigación se menciona la sistematización según las zonas de vida de Leslie Holdridge.

El sistema tiene su fundamento en la relación existente entre el clima y la vegetación, basado en estudios a largo plazo de patrones encontrados en variedad de lugares tropicales. Cada zona de vida representa un hábitat distinto y un estilo de vida diferente.

Mediante este sistema, en Costa Rica existen 12 zonas de vida y 12 zonas de transición con base en factores ambientales como humedad, precipitación y temperatura. Estas zonas se encuentran distribuidas en pisos altitudinales (Figura 3).

El sistema de clasificación se ha validado por medio de mapas de áreas del trópico, en donde, partiendo de datos meteorológicos y estableciendo la relación del clima con la vegetación y el patrón de uso de la tierra, se han realizado mapas de áreas semejantes. En Costa Rica, el Centro Científico Tropical es la entidad que desarrolló este mapa.

## Confort Sensación integral de bienestar

El ASHRAE Standard 552013 define confort como la condición de la mente en la cual expresa satisfacción con el acondicionamiento térmico ambiental. Sin embargo, algunas otras definiciones lo caracterizan como "el estado ideal del hombre, que supone una situación de bienestar, salud y comodidad en la cual no existe en el ambiente distracción o molestia que perturbe física o mentalmente" (SERRA, 2001).

El confort depende de factores físicos, fisiológicos, sociológicos y psicológicos, en donde el cuerpo se siente satisfecho y no necesita luchar contra el frío, el calor, la humedad, el viento, el ruido y la incandescencia utilizando mecanismos propios de su cuerpo ya que se encuentra en completo equilibrio con el entorno.

Se convierte en una variable importante a tomar en cuenta para el reacondicionamiento bioclimático de edificaciones. Existen múltiples estudios sobre el mismo, en donde se ha llegado a desarrollar fórmulas, tablas y gráficas que permiten hacer aproximaciones sobre posibles condiciones

de confort térmico de un sitio. Los datos que se han tomado en cuenta son factores y parámetros ambientales: arropamiento, actividad metabólica, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y temperatura radiante.

Existen distintas herramientas para la evaluación del confort térmico. En el caso de esta investigación, se utilizaron el ábaco psicométrico, el Climograma de Bienestar Adaptado y el Índice de Fanger.

## Simulación energética de edificios

En las últimas décadas se ha despertado una corriente de concientización sobre el uso y la explotación de la energía debido a las afectaciones medioambientales que han ocurrido. Por esta razón, surgieron las medidas de análisis en fases de diseño para predecir el desempeño energético de la edificación.

La simulación de energía consiste en modelar el comportamiento energético de un edificio o de los sistemas dentro del mismo mediante programas de computadora. Este método permite evaluar la interacción y el impacto de los diferentes elementos que se encuentran en una edificación como iluminación del espacio, cargas térmicas, uso, entre otros. Mediante esta metodología, se busca someter el modelo digital a un ambiente controlado específico, escogido por el diseñador según intenciones o según el sitio del proyecto; esto con el propósito de generar conclusiones con base en los resultados que obtenga de dicho proceso.

Los programas de simulación computacional son herramientas analíticas efectivas para la investigación de los consumos de energía de los edificios y la validación de su diseño. Son una manera de predecir el futuro cuantitativamente. Para efectos de esta propuesta, se utilizan dos herramientas de simulación: Ecotect® y Design Builder®.

## Propuesta metodológica e implementación

La metodología está fundamentada en la teoría del diseño basado en el desempeño. Esta teoría utiliza como punto de partida el comportamiento específico de un edificio y busca optimizarlo por medio de alteraciones. Una vez modificado, el resultado será empleado como parámetro de inicio para comenzar nuevamente el proceso en la siguiente fase. La principal herramienta para llevar a cabo esta metodología es la simulación mediante modelos computarizados,

Figura 4 Imágenes de las 6 edificaciones de estudio



ya que se estudia de qué manera trabaja el sistema (edificio) según el cambio de variables en el mismo.

Se realiza la investigación en 6 edificaciones, 2 por cada zona de vida estudiada: Z1 Bosque Seco Tropical, Z2 Bosque Húmedo Premontano y Z3 Bosque Muy Húmedo Premontano.

Los edificios seleccionados para la implementación de la metodología son iglesias, todas de la misma época constructiva. Las iglesias representan una tipología de edificio que no es tan variable, lo que permite poder observar otro tipo de parámetros con más detalle. Además, en ellas existe un protocolo de vestimenta y comportamiento del usuario, lo que ayuda a estabilizar el arropamiento y la actividad metabólica que se lleva a cabo en la edificación. Otro aspecto importante es que no presentan colindancias lo que disminuye la cantidad de elementos que afectan el ambiente interior y debido a que son edificios patrimoniales, no son utilizados frecuentemente, sino sólo una hora por semana. Esta situación es

una ventaja a la hora de hacer las mediciones de temperatura y humedad, ya que los datos se ven menos afectados por las personas y se puede identificar el comportamiento del edificio propiamente.

El hecho de que las edificaciones sean antiguas y por tanto vernaculares también fue un 3 aspecto a considerar en su selección, debido a que el manejo de los materiales y su adaptación a l territorio abarcan los patrones culturales presentes en el sitio.

A continuación se realiza una descripción de las etapas metodológicas implementadas, incluyendo cada una de las actividades realizadas y herramientas utilizadas. A modo de ejemplo de aplicación, se tomarán como referencia imágenes aleatorias de los 6 estudios de caso.

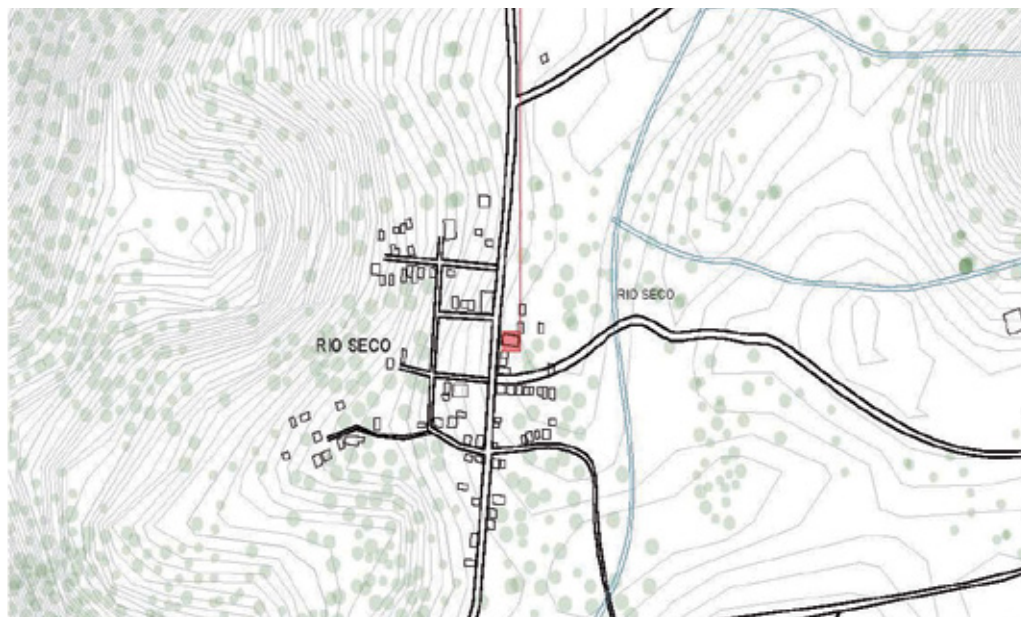
#### Descripción y ejemplificación de las etapas metodológicas

La metodología planteada comienza con un análisis bioclimático evaluativo por escalas. El mismo consis-

Figura 5 Gráfico representa las etapas metodológicas propuestas para el estudio de adaptación al clima



Figura 6 Mapa de ubicación entorno medio, Iglesia de Río Seco, Santa Cruz



te en la descripción del contexto geográfico y climático de cada caso de estudio en tres escalas distintas.

#### Estudio del entorno macro y meso climático

La primera escala corresponde al macro entorno y meso entorno, en donde se describe la zona de vida escogida y la región específica (provincia, cantón, distrito). Además, mediante la recopilación y el procesamiento de datos se establece el rango de

confort y se estudia el comportamiento climático del sitio a gran escala, identificando los elementos que influyen como son la topografía, la vegetación, densidad y masas de agua (ver figura 5).

Las herramientas utilizadas en esta etapa son: Mapeos, climograma de columnas, CBA, diagrama psicrométrico, índices de confort (PMV, PPD), Excel, Meteonorm, Weathertool, Ecotect, Winair.

Figura 7 Abaco Psicrométrico de la ciudad de Liberia, Estación meteorológica Aeropuerto

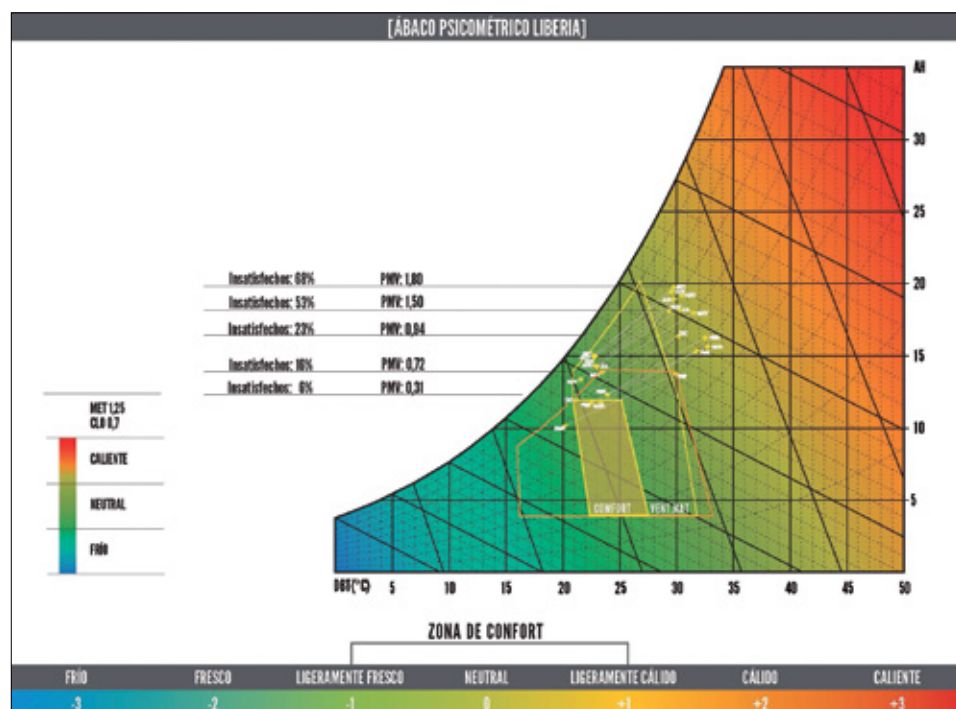


Figura 8 Mapa de ubicación entorno inmediato a la Iglesia de Guardia, Liberia

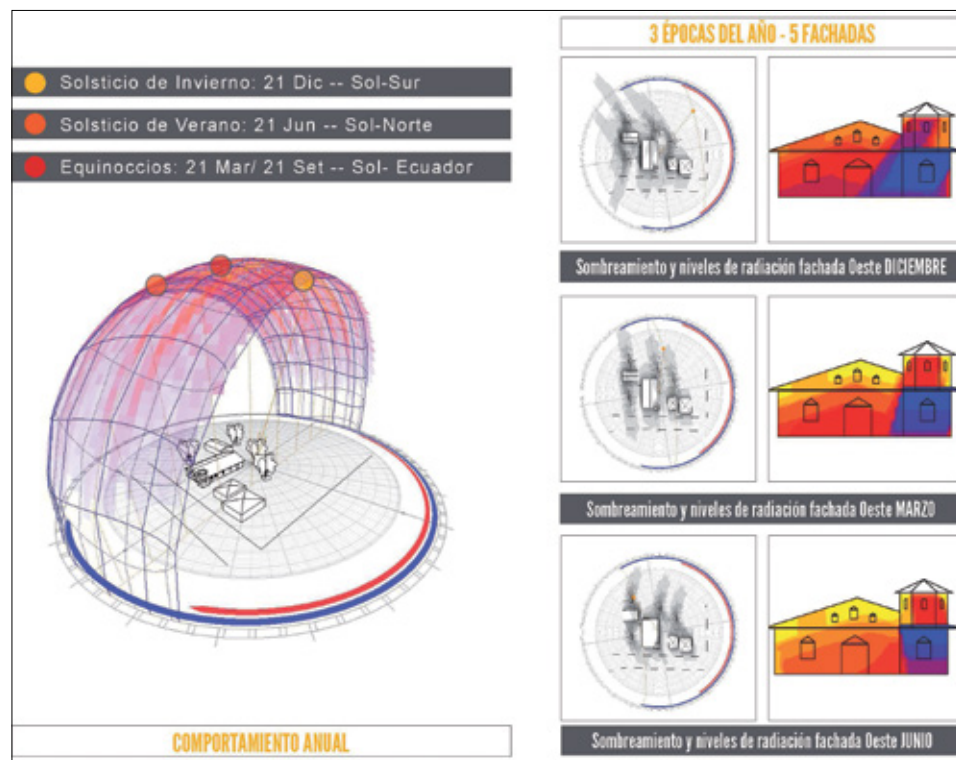




Figura 9 Estudios de geometría solar en la Iglesia de Río Seco, Santa Cruz

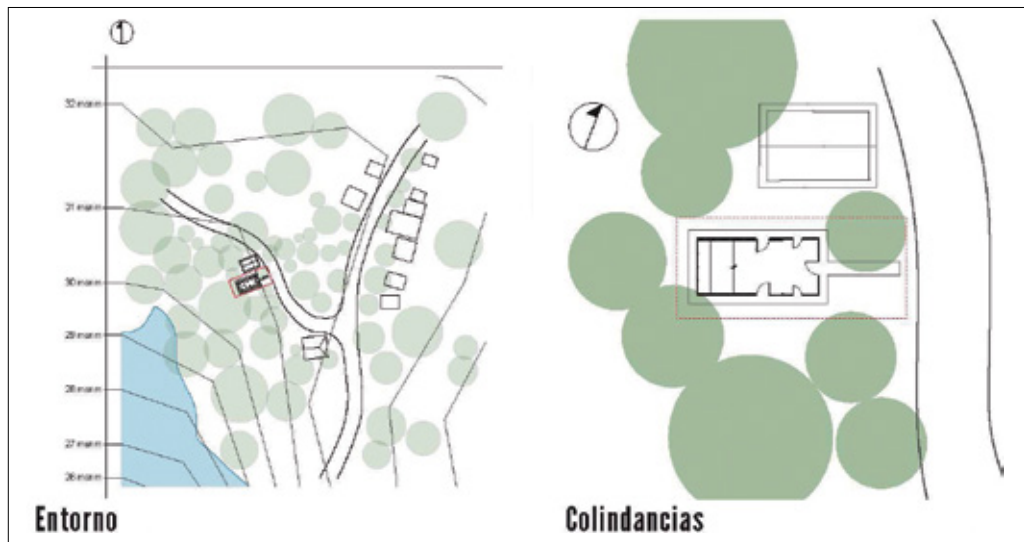
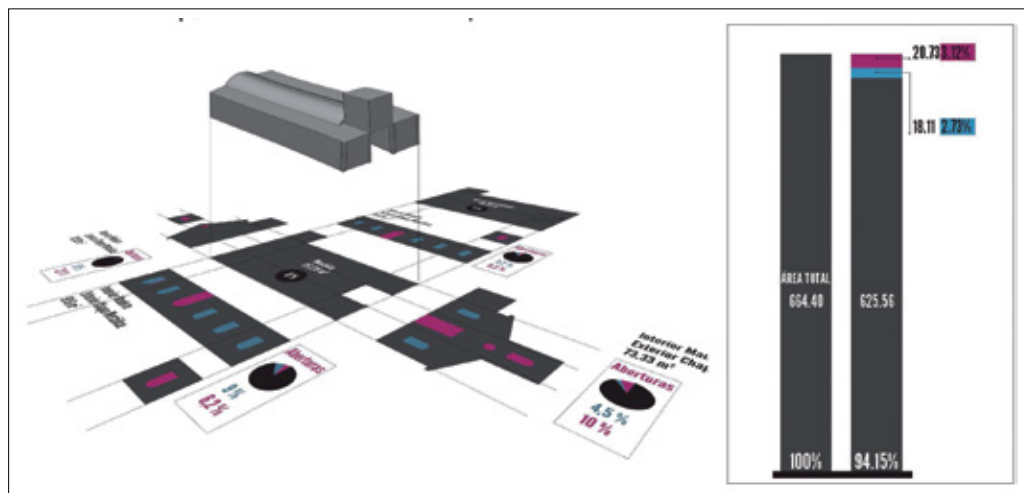


Figura 10 Despliegue de superficies de cerramiento y aberturas, Iglesia de Rosario



### Estudio del entorno micro climático

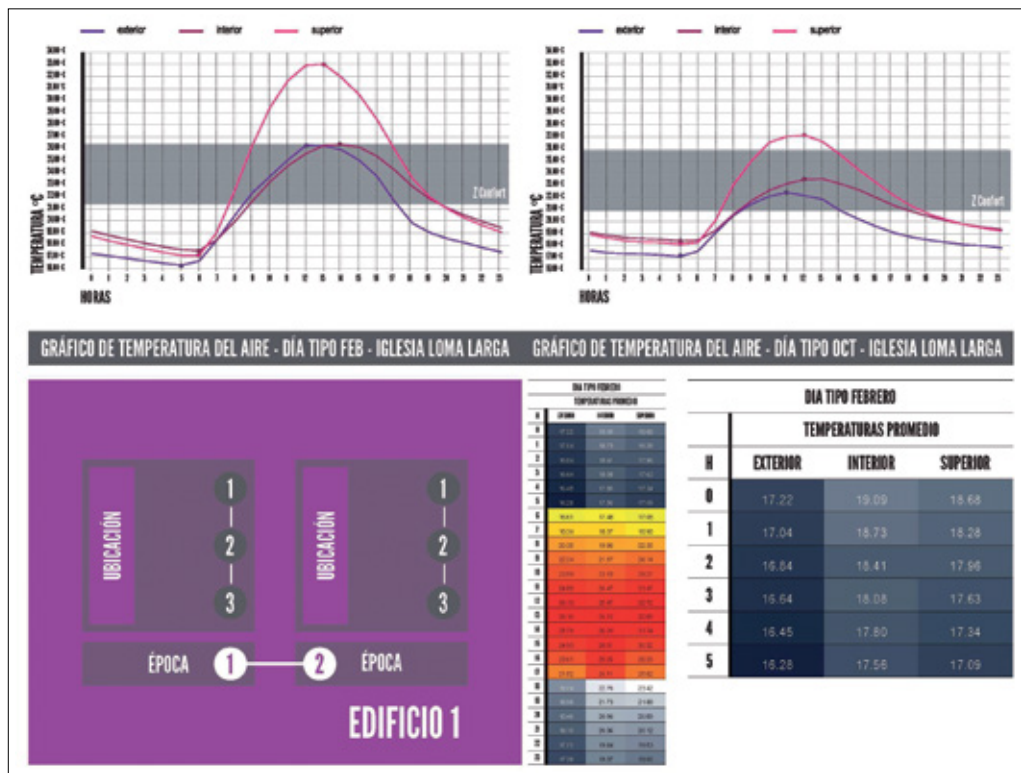
La segunda escala estudia el entorno inmediato al edificio. En este caso, se determina cuáles elementos se relacionan directamente con las fachadas de la edificación (Figura 7). Para esta etapa es importante generar un archivo de clima con datos horarios, que permita realizar simulaciones de radiación, movimiento solar y movimiento del aire. Este archivo se genera por medio un software llamado Meteonorm, el cuál realiza una interpolación de datos basada en información mensual y estaciones meteorológicas existentes (Figura 8).

Las herramientas utilizadas a este nivel son similares a las del nivel previo. En cuanto a ubicación y determinación de la geomorfología del sitio son importantes las fotografías, el uso de Google Earth y Global Mapper.

### Estudio de la edificación y su relación con el entorno inmediato

Finalmente, la tercera escala del análisis hace referencia propiamente a la edificación. Lo más importante en este nivel es estudiar el desempeño de la envolvente y cómo se ve afectado el ambiente interior con respecto al exterior.

Figura 11 Ubicación de registradores de datos en Iglesia de San Antonio, Turrialba



Existen diferentes factores que determinan este comportamiento, entre ellos los porcentajes de superficie y su material, el volumen de aire y las aberturas existentes (Figura 9). Otro aspecto importante en esta etapa es la realización de mediciones prolongadas. Esto consiste en tomar un registro propio de datos climáticos del interior y el exterior del inmueble durante las épocas representativas del año utilizando registradores de datos.

Es importante señalar, que la metodología implementada en el Seminario de Graduación Diseño de la envolvente y sus implicaciones en el Confort Higrotérmico<sup>4</sup> se utilizó como base para realizar las mediciones prolongadas de esta investigación. No obstante, el método de cálculo para el día promedio (día tipo) es distinto. En este caso, el método fue modificado por el autor.

Se colocaron 3 registradores de datos por cada edificación. Uno en la parte interior, otro en la exterior y uno en la superior. Los dispositivos almacenaron información higrotérmica cada 2 minutos, lo que

resulta en 10 000 valores de temperatura y humedad por dispositivo aproximadamente.

Una vez recolectados los datos, estos se procesan y promedian, eliminando los valores extremos dentro de la muestra. Esto se logra estableciendo un rango de valor máximo y mínimo en los datos de temperatura y humedad mediante 3 desviaciones estándar. Esto implica que se utiliza un 99,74% de los datos, eliminando cualquier valor que se encuentre fuera del intervalo proporcionado mediante  $[\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma]$ , en donde  $\mu$  corresponde al promedio de los datos y  $\sigma$  a la desviación estándar. Como resultado final, se obtienen gráficas del día más común para el interior y el exterior de los edificios, las cuales están conformadas por 24 valores, uno para cada hora.

#### Resultados iniciales y Diagnóstico comparativo

Concluida esta tarea, se elabora el diagnóstico comparativo, identificando conclusiones de cada una de las escalas del análisis y determinando

Figura 12 Gráficos de comportamiento térmico de la envolvente, Iglesia de Loma Larga, Desamparados



cuáles son las variables a modificar según el comportamiento obtenido.

Según la clasificación de zonas de vida, el bioclima que tiene mayor confort para el ser humano es el Bosque Húmedo Premontano. Por esta razón, edificaciones de las otras dos zonas de vida deben implementar técnicas para readaptarse y tener condiciones de mayor bienestar. Se establece que la ZI, Bosque Seco Tropical es un sitio muy caluroso y la zona Bosque Muy Húmedo Premontano es excesivamente húmeda y ligeramente fría.

A nivel macro climático, se evidencia la diferencia de altitud de las 3 zonas y la topografía, la cual influye en el movimiento del aire, el rango de temperatura y humedad de los sitios. También se aprecia que los 6 sitios escogidos son zonas rurales, donde no hay mayor densidad de ocupación. Se mantiene la premisa que existen dos polos opuestos como zonas que requieren mayor adaptación para el confort, y una zona intermedia en donde es menor el reacondicionamiento requerido.

En general, el comportamiento de las edificaciones en respuesta a la luz y radiación solar es similar según la orientación. En las fachadas Este y Oeste se da un mayor impacto que en las fachadas Norte y Sur. Sin embargo, cinco edificaciones de estudio se encuentran orientadas longitudinalmente, por lo que presentan la menor área de exposición hacia estos puntos cardinales. La única iglesia que tiene orientación transversal es la

de La Pastora; no obstante, el clima en el que se encuentra puede beneficiarse de recibir sol ya que el exterior registra temperaturas frías.

En la escala microclimática, lo que influye en el comportamiento es la presencia de elementos anexos como vegetación o edificios cercanos. Además, la morfología juega un papel importante, ya que dependiendo de la forma, se pueden generar sombras en las fachadas por medio de volumetrías, pórticos, cubiertas. De esta manera, ya se encuentran diferencias dentro de la misma zona de vida. Por ejemplo, en el BsT, la primera iglesia tiene árboles a su alrededor, los cuales disminuyen el impacto de la radiación en el interior, mientras que en la segunda iglesia no existe protección de este tipo, sumado al entorno con la carretera de asfalto que aumenta la temperatura.

Otros puntos importantes que generan diferencias dentro de una misma zona de vida son: la cantidad de volumen de aire, los materiales y la relación entre la superficie y las aberturas de cada edificación. Cada zona de vida presenta materiales específicos, los cuales responden positivamente a las características propias de cada clima: BsT con construcción de madera, BhP con madera en el interior y metal en el exterior y BmhP, igual al anterior pero con un zócalo de mampostería para evitar el contacto directo con el suelo. Ninguna edificación tiene elementos de sombra en las ventanas y la relación entre aberturas y superficie es muy poca, por lo que el

Figura 13 Ejemplo de modelado y zonificación para simulación en Design Builder, Iglesia de Rosario

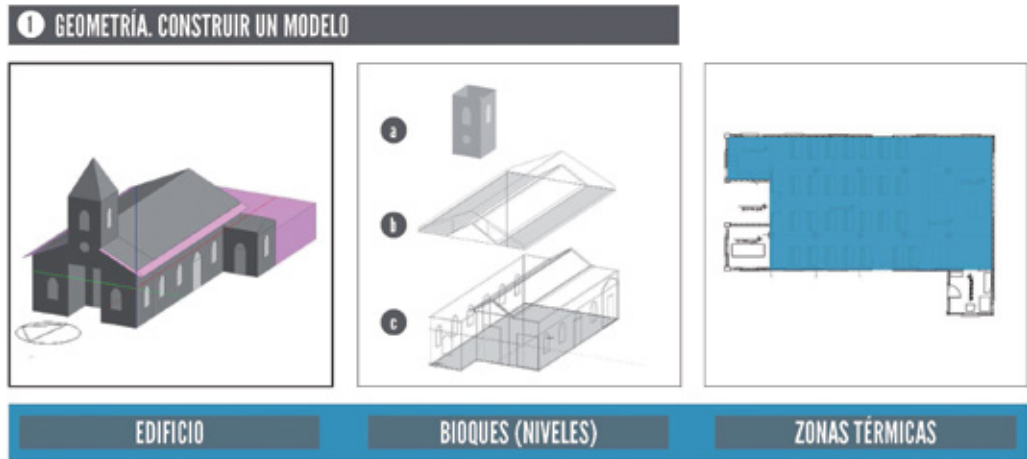


Figura 14 Características del estado inicial del edificio

**1 CARACTERÍSTICAS DEL ESTADO INICIAL**

[ JERARQUÍA DE DATOS DEL MODELO ]

HERENCIA DE INFORMACIÓN

- SITIO
- ↓
- EDIFICIO
- ↓
- BLOQUE
- ↓
- ZONA
- ↓
- SUPERFICIE
- ↓
- ABERTURA

**1 LOCALIZACIÓN**

| SITIO                   |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| LATITUD (°)             | 0.47                    |
| LONGITUD (°)            | -84.85                  |
| ALTITUD (MSNM)          | 1320                    |
| ZONA HORARIA            | CMT-06:00               |
| EXPOSICIÓN AL VIENTO    | NORMAL                  |
| ORIENTACIÓN (°)         | 351                     |
| INFO. CLIMÁTICA HORARIA | ROSARIO, DESARMAPARADOS |

**2 PLANTILLA DE ACTIVIDAD**

| ACTIVIDADES                                      |        |
|--|--------|
| ÁREAS OCUPADAS (M <sup>2</sup> )                 | 157.25 |
| DENSIDAD DE OCUPACIÓN (PERSONAS/M <sup>2</sup> ) | 0      |
| TASA METABÓLICA (MET)                            | 1      |
| ARRANQUE (CO <sub>2</sub> )                      | 0.7    |
| HORARIO DE OCUPACIÓN                             | 0      |
| EQUIPOS  | 0      |

**3 MATERIALES**

| CONSTRUCCIÓN                                    |       |               |         |         |
|---|-------|---------------|---------|---------|
| MATERIAL  | GRUPO | CONDUCTIVIDAD | VALOR R | VALOR U |
| <b>PAREDES EXTERNAS(CAPA INTERIOR-EXTERIOR)</b> |       |               |         |         |
| MOADERA   | 0.33  | 0.05          | 2.77    | 0.36    |
| BIENNO GATE                                     | 0.02  | 72            | 0.16    | 7.02    |
| <b>DIVISIONES INTERNAS</b>                      |       |               |         |         |
| MOADERA   | 0.1   | 0.05          | 2.77    | 0.36    |
| <b>CUBIERTA (RECTA O INCLINADA)</b>             |       |               |         |         |
| METAL ZINC                                      | 0.02  | 113           | 0.14    | 7.02    |
| <b>PISOS EXTERNOS O INTERNOS</b>                |       |               |         |         |
| CONCRETO  | 0.2   | 0.16          | 0.60    | 1.02    |
| <b>CIELO RASO</b>                               |       |               |         |         |
| MOADERA   | 0.02  | 0.10          | 0.40    | 2.20    |
| <b>COMPONENTES</b>                              |       |               |         |         |
| METAL ZINC                                      | 0.02  | 113           | 0.14    | 7.02    |
| <b>HERMETISMO</b>                               |       |               |         |         |
| INFILTRACION: 0.5 AC/H                          |       |               |         |         |

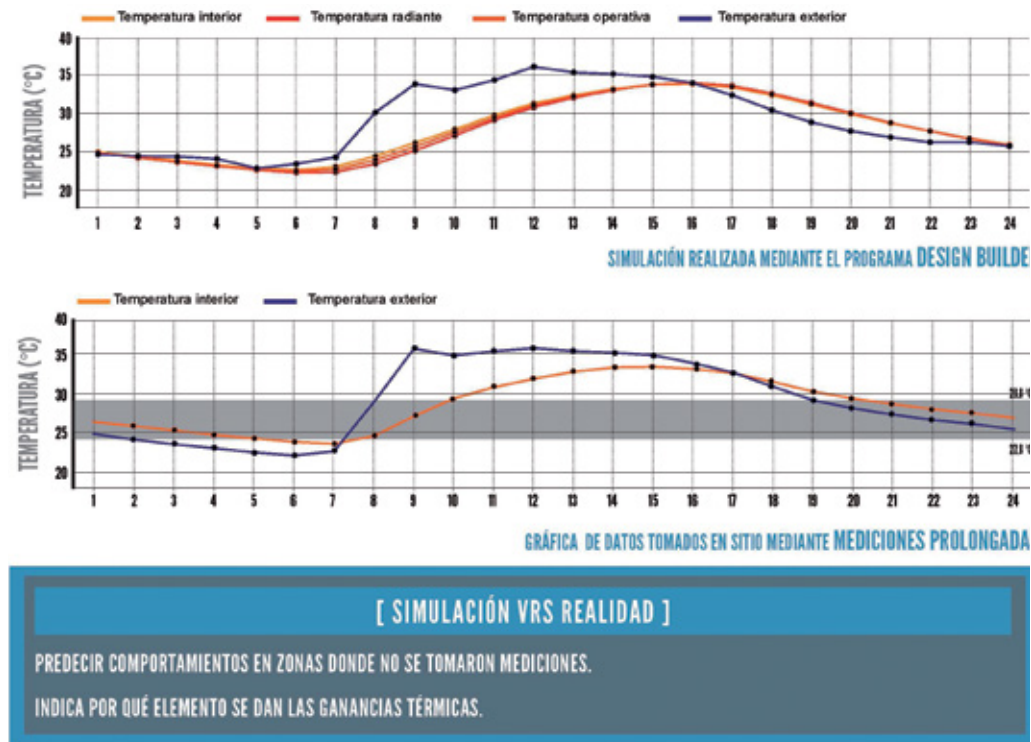
intercambio de aire entre el exterior y el interior es muy lento; hay pocas renovaciones de aire por hora.

A modo de resumen, la Z1 (Bosque seco Tropical) tiende a registrar temperaturas muy altas en la época seca, generando un ambiente muy caliente para el confort, de poco bienestar. Ambas edificaciones presentan altos valores de humedad relativa, lo que llama la atención al ser una zona denominada "seca". La Z2 (Bosque húmedo Premontano) presenta un clima confortable durante el día y ligeramente frío durante las noches. El

comportamiento interior de ambas iglesias es muy similar. Esto obedece a que ambas se encuentran orientadas de igual manera, tienen casi el mismo volumen de aire y un contexto similar. En este caso es necesario aumentar la temperatura interna en las noches y madrugadas de ambas edificaciones.

Por último, la Z3 (Bosque muy húmedo Premontano) presenta un clima fuera de la zona de confort debido a las bajas temperaturas y humedad excesiva. Ambas edificaciones presentan un comportamiento similar, ya que necesitan aumentar la tem-

Figura 15 Comparación de la curva de comportamiento térmico según mediciones prolongadas y datos de simulación en Design Builder



peratura interior para mejorar las condiciones de confort. No obstante, a pesar de que la envolvente es del mismo material, se comportan distinto. En San Antonio existe solo amortiguamiento térmico mientras que en la Pastora hay retardo térmico. Se concluye que la diferencia del comportamiento se debe a la orientación que presentan las iglesias ya que una es longitudinal y la otra transversal.

### Reacondicionamiento bioclimático por medio de la simulación

Una vez realizado el diagnóstico, se tienen las variables iniciales para la etapa de simulación. La simulación consiste en modificar las condiciones bajo las cuales se construyeron los inmuebles. Sin embargo, es necesario tener un orden en la información que se va a introducir al modelo, razón por la cual se diseñó un protocolo de simulación. El mismo consta de 4 partes:

a) Elaborar un modelo tridimensional para el análisis térmico de cada edificación. El

modelo debe ser lo más simple posible y busca identificar las zonas térmicas o volúmenes de aire que existen dentro del edificio.

b) Introducir las características del estado inicial del edificio. En este caso, se indican cuáles son los materiales con los que se construyó, el grosor de los mismos y su ubicación. Además, se especifican las actividades que se llevan a cabo y las características de los usuarios (arropamiento y tasa metabólica). Por último, se debe indicar la ubicación del inmueble.

c) Introducir datos climáticos tomados en sitio. Este tipo de simulaciones permiten realizar un análisis de comportamiento tanto de un mes como de un día o incluso horas. En el caso de esta investigación, se introducen los datos tomados durante las mediciones prolongadas para poder comparar la realidad con el ambiente digital.

d) Calibrar el modelo. Este paso es el más importante dentro del protocolo de simulación. Se debe equiparar el comportamiento que tiene el modelo con el comportamiento registrado en sitio, mediante la homogenización de la curva de temperatura del aire interna. Para esto es necesario ir modificando el grosor de los materiales y la infiltración del aire.

Una vez lograda la calibración, se pueden realizar innumerables modificaciones y simulaciones para observar la conducta.

En este punto de la metodología, se ejecutan las variaciones en cada caso de estudio, midiendo el índice de confort para determinar si mejora o si empeora. Una vez obtenidos los resultados, es posible definir las variables que modifican positivamente el comportamiento térmico de cada edificio investigado y que representarán parámetros a considerar para diseños futuros.

### Resultados finales

Una vez delimitados los resultados iniciales en el diagnóstico y realizadas las simulaciones de comportamiento inicial, se establece que las variables a modificar en las edificaciones serán 3: ventilación, materiales y exposición solar. Una vez realizada la modificación, se comprueba mediante el índice de confort de Fanger que en efecto las variaciones están generando un aumento en el nivel de bienestar. Este proceso fue realizado en todos los inmuebles estudiados y en cada uno se obtuvieron resultados distintos. No obstante, con el fin de ejemplificar la manera en que fue realizado este proceso, se tomará como referencia el caso de la Iglesia de Guardia, en Liberia.

Al analizar el comportamiento de la edificación en febrero y octubre, se concluye que su ambiente interior se encuentra fuera del confort, especialmente en los meses más calurosos. El material del edificio tiene un buen comportamiento, no obstante se necesita aumentar el grosor de la pared y emplear aislamiento para mejorar la capacidad térmica. A su vez, es necesario evitar las ganancias térmicas a través de la cubierta, por lo que debe aislarse y separarse del cielo raso. En este caso no existe superficie translúcida. Se adjuntan dos gráficos: el primero muestra las modificaciones realizadas en

el inmueble (Figura 16) y el segundo muestra cómo mejora el índice de confort y la temperatura interna después de realizadas las modificaciones (Figura 17). Para ahondar más en los casos mencionados, se puede consultar el documento RE+ADAPTAR.

### Conclusiones y recomendaciones

Costa Rica es un país con amplia variedad climática. A pesar de que existen diferentes formas de clasificación, el Sistema de Zonas de Vida propuesto por Leslie Holdridge identifica los escenarios climáticos del país con mayor precisión. La zona de vida permite reconocer un primer nivel de bioclima global en un sector geográfico dado, lo que posibilita identificar las primeras características ambientales que pueden afectar una edificación, ya sea construida o por construir. Por esta razón, éste fue el método utilizado como primer fuente de información en esta investigación y mediante el mismo se llegó a las conclusiones sobre cada zona de vida que se presentan a continuación.

La zona de vida Bosque Seco Tropical presenta altas temperaturas en algunos meses del año, generando un ambiente muy caliente para el bienestar. De acuerdo con lo analizado en esta investigación, las modificaciones a realizar para mejorar el índice de confort son las mismas en ambas edificaciones estudiadas. Se deben generar elementos de sombra para todas las superficies translúcidas que existan y los mismos deben de funcionar durante todo el año. Además la cubierta debe contar con aislamiento térmico en la parte superior y una cámara de aire que separe el cielo raso del volumen del techo en el inferior, si es posible con ventilación. Por último, es necesario proporcionar paredes más gruesas, con un aislamiento térmico que permita un mayor amortiguamiento de la temperatura exterior. Se recomienda la ventilación natural solo en momentos en que existan muchas personas utilizando la edificación. Los casos de estudio ubicados en esta zona de vida son los que requieren mayores modificaciones, debido a que su clima es el más extremo. Cada iglesia tiene un comportamiento distinto; la iglesia de Guardia se beneficia de la cantidad de cobertura vegetal a su alrededor y de no tener superficies translúcidas mientras que la iglesia de Río Seco tiene gran cantidad de ventanas y poca sombra en las mismas.

Figura 16 Modificaciones realizadas en la Iglesia de Guardia, Liberia









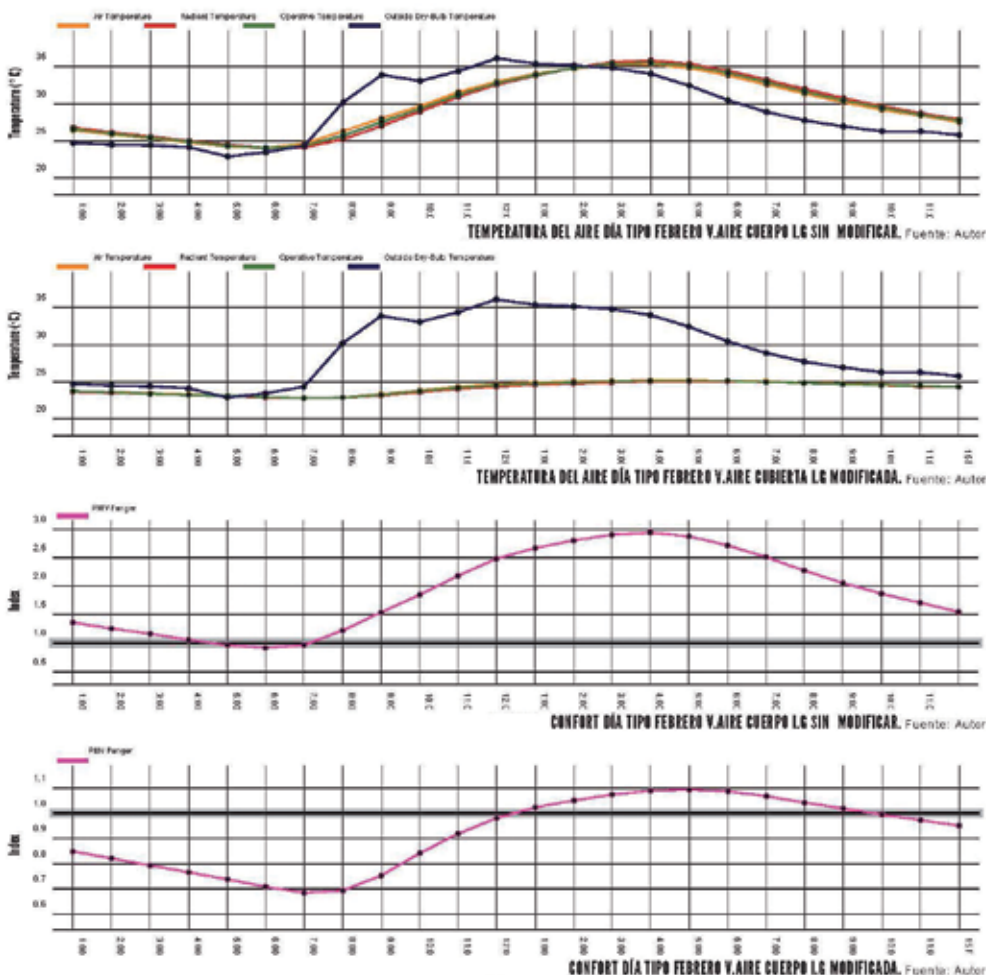
- NO VENTILAR EN EL DÍA
- VENTILACIÓN NOCTURNA
- ELIMINAR INFILTRACIÓN

- PAREDES GRUESAS Y AISLADAS
- CUBIERTA AISLADA
- CÁMARA DE AIRE VENTILADA ENTRE CIELO RASO Y CUBIERTA

- ABERTURAS PEQUEÑAS PARTE SUPERIOR DE FACHADAS N Y S
- ELEMENTOS DE SOMBRA EN TODO EL AÑO

- VENTILACIÓN NATURAL PARA EXTRAER AIRE CALIENTE
- USO DESPUÉS DE LAS 5 PM

Figura 17 Gráficas de comportamiento térmico y confort, antes y después de realizadas las modificaciones



El Bosque Húmedo Premontano presenta un clima tanto frío como caliente. El mismo tiende a salirse de los límites de confort en ambas direcciones, sin embargo no de manera extrema. Por esta razón, las edificaciones ubicadas en esta zona

de vida deben tener adaptaciones que funcionen según la época crítica del año. Las iglesias estudiadas en esta zona son bastante homogéneas. La discrepancia en su comportamiento obedece a dos factores específicos: el diseño de la torre del

campanario y el porcentaje de superficie translúcida. En la iglesia de Rosario la torre permite la ventilación constante debido a que no presenta superficie vidriada sino vanos, mientras que en la Loma Larga existen amplias ventanas en 3 costados del campanario, sin ventilación de ningún tipo. Ambas edificaciones se ven beneficiadas por la implementación de ventilación natural en un horario diurno, durante los meses fríos del año. Además, en ambos casos es necesario utilizar aislamiento térmico en la cubierta y elementos de sombra que van a disminuir el impacto de la radiación en el interior durante los meses calientes. Sin embargo, solo en la ermita de Rosario es necesario aumentar el porcentaje de superficie translúcida para captar radiación solar en meses fríos y solamente en Loma Larga se debe generar ventilación natural en la torre del campanario. También es importante señalar que, con solo aumentar el arropamiento de los usuarios a 1 clo, mejora la sensación de bienestar en las noches.

La tercera y última zona de vida estudiada, el Bosque Muy Húmedo Premontano, muestra bajas temperaturas y alta humedad. Sin embargo, en el caso de las dos edificaciones analizadas, existen características propias de cada caso que generaron modificaciones distintas en cada una. La iglesia de San Antonio se encuentra a menor altitud por lo que sus temperaturas son mayores. Además, cuenta con un gran volumen de aire, tanto el de la iglesia en sí como el de su cubierta, lo que disminuye el impacto de la radiación y hace que sea más lento el calentamiento o enfriamiento del edificio. La misma tiene el mejor comportamiento de los seis casos de estudio y no requiere adaptaciones. En el caso de La Pastora, su orientación permite captar mayor radiación para calentar el interior. Además, la nave y la cubierta son un solo volumen de aire, lo que permite ganar más calor. Por esta razón, se recomienda generar una pequeña superficie translúcida en el techo para captar radiación y aumentar la temperatura en momentos fríos. Sin embargo, todas las superficies transparentes (incluyendo la superior) deben tener elementos de sombra.

En esta investigación se obtuvieron pautas sobre el clima en la primera escala, como por ejemplo implementar ventilación natural (según la zona de vida y los datos procesados de las estaciones meteorológi-

cas). Ésta estrategia pasiva se recomienda para todos los estudios de caso y no se aplica de igual forma para cada edificio. En el caso de las iglesias de Guardia y Río Seco, implementar sistemas de ventilación natural implica aumentar en gran medida la temperatura interna del edificio y por ende el discomfort. Existen otras variables que entran en el análisis como la cantidad de personas que utilicen el edificio, los horarios en que se utilice, las dimensiones de las ventanas y la orientación de las mismas. Por otro lado, las iglesias de Rosario y Loma Larga sí mejoran su situación interna con la ventilación, sin embargo, no es durante todo el año, sino en momentos específicos y por ciertas fachadas. De esta forma, existen estrategias que sólo funcionan para un lugar específico y un edificio particular y las mismas se descubren cumpliendo con todas las etapas de la metodología propuesta, desde lo más general hasta lo más específico, incluyendo las simulaciones. La importancia de cumplir con todas las escalas es que en cada etapa se obtienen diferentes conclusiones y debe existir una retroalimentación de información entre los niveles de análisis para poder seguir avanzando.

Otro aspecto importante a mencionar dentro del método de análisis, es que no existe un orden completamente lineal, sino que es recursivo: puede repetirse indefinidamente. De este modo, es necesario regresar etapas para retomar información que se obtuvo anteriormente y utilizarla como retroalimentación en el análisis actual. Un ejemplo de esta situación es la iglesia de Rosario, en donde se determinó en la etapa de simulación que es necesario captar radiación en el interior de la edificación. Para poder delimitar cuál es la mejor fachada para realizarlo, es necesario revisar los factores analizados en las etapas anteriores: en qué fachada existe mayor radiación solar, cuál tiene mayor superficie translúcida, qué elementos generan sombra en las colindancias, etc.

El hecho de que dos edificaciones se encuentren dentro de una misma zona de vida, y por ende un mismo clima, implicaría que las pautas de diseño bioclimático para ambas serían las mismas. Sin embargo, en esta investigación se comprueba que esto no es una verdad absoluta. Existen factores tanto del entorno inmediato como del edificio en sí, que llegan a afectar la manera en que el mismo se comporte. La altitud y la topografía de un lugar modifi-



can el movimiento del aire, el rango de temperatura y la humedad del sitio. La orientación del edificio, su morfología y los elementos anexos al mismo afectan la manera en que la radiación, la luz solar y el viento influyen sobre sus fachadas. El volumen de aire, los materiales de la edificación y la relación de la superficie y sus aberturas influyen de manera directa en el comportamiento, sobre todo en la cantidad de tiempo que tarda el aire interior en enfriarse o calentarse. De este modo, se determinaron pautas de diseño que pueden ser aplicadas en edificaciones de cada una de las tres zonas de vida estudiadas y las modificaciones de readaptación en cada caso de estudio, según las características propias de las edificaciones.

Si bien es cierto, la metodología diseñada en esta investigación tiene el objetivo de reacondicionar bioclimáticamente edificios existentes, su uso permite obtener mucho más que las modificaciones para readaptarlos. La utilización de esta herramienta busca aprender de las edificaciones construidas, ya que estudiar inmuebles que tienen cierto tiempo de existir y utilizarse, permite identificar errores recurrentes en el desempeño de los mismos así como entender las decisiones acertadas de diseño, sobre todo si se estudian elementos vernaculares que usualmente tienen un mejor manejo de los materiales, el sitio y el clima. Además, el conocimiento adquirido en los estudios permite tener pautas para futuros proyectos que se realicen en el lugar, es decir, posibilita el estudiar una edificación existente y basarse en su desempeño para proponer una nueva edificación con las enseñanzas obtenidas (Diseño basado en el desempeño).

La simulación de energía como método de análisis permite obtener los resultados en tiempo real. En otras palabras, si se decide realizar una modificación en un edificio para identificar qué beneficios puede traer, ésta herramienta da la posibilidad de saber cuál va a ser la reacción del inmueble y qué tanto va a mejorar el confort interno antes de realizar cualquier cambio en sitio. Esta situación implica una gran ventaja para el arquitecto, ya que actualmente existe una responsabilidad por parte del profesional de respaldar su diseño, para lo cual debe tener herramientas que permitan comprobar el funcionamiento o cumplimiento de variables y requisitos. Con una correcta calibración, existe la posibilidad de que el modelo computarizado per-

mita saber qué modificaciones se pueden realizar, cómo va a reaccionar el edificio ante los cambios y cuál es su porcentaje de efectividad.

Al hablar de arquitectura se menciona la relación que existe entre tres elementos principales: el ser humano, el edificio y el entorno. Si alguno de estos tres elementos varía con el tiempo, los otros deben adaptarse. El entorno cambia, por lo que la lógica dice que el edificio debe cambiar también. De esta manera, los mecanismos de adaptación se convierten en una necesidad en el diseño actual y deben responder a las exigencias específicas de cada sitio. La metodología diseñada es una herramienta para mejorar las edificaciones existentes, diseñar nuevas edificaciones acorde con las necesidades presentes e incluso realizar proyecciones del comportamiento que podrán tener en los próximos años. En el marco de este último punto, cabe hacer referencia a un tema que se menciona con frecuencia actualmente: el cambio climático. A pesar de que el mismo se encuentra fuera de los alcances del presente trabajo, con esta herramienta se podría generar un archivo de clima en el que se establezcan los rangos de temperatura y humedad previstos por el cambio climático en 10 o 20 años y poder simular un comportamiento a futuro. Esta situación sería una buena temática para profundizar en futuras investigaciones.

## Referencias

- HUTCHEON, N. B. Requirements for Exterior Walls. *Canadian Building Digest*, v. 48, p. 5, 1963.
- ASHRAE Standard 55. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: 2013.
- SERRA, R. **Arquitectura y climas**. España: Gustavo Gil, 2004.
- Real Academia Española. Diccionario de la lengua española**. 22 ed. 2001. Disponible en: <<http://www.rae.es/rae.html>>.
- MORA, V. R.; FLOR, J. F.; GONZÁLEZ, M.; OBANDO, M.; RAMÍREZ, F. M. **Diseño de la Envolvente y sus implicaciones en el Confort Higrotérmico**. 2011. (Seminario de Graduación), Universidad de Costa Rica, Costa Rica, 2011.
- SANCHO, A. **RE+ADAPTAR**. Uso de la simulación digital para reacondicionar bioclimáticamente edificios existentes. 2013. (Tesis de Graduación), Universidad de Costa Rica, Costa Rica, 2013.

# Normativa aplicable para la eficiencia energética en edificaciones en Argentina

---

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL – ARGENTINA

Maria Soldatti

Norberto Odobez

Carlos Godoy

## Introdução

En el campo de la normalización, IRAM es el único representante argentino ante las organizaciones regionales de normalización, como la Asociación Mercosur de Normalización (AMN) y la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT), y ante las organizaciones internacionales: International Organization for Standardization (ISO) e International Electrotechnical Commission (IEC), en este caso, en conjunto con la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA).

El IRAM es una asociación civil sin fines de lucro, que fue fundada en el año 1935 por representantes de los diversos sectores de la economía, del Gobierno y de las instituciones científico-técnicas. Con el interés de que el país contara con una institución técnica, independiente y representativa, una organización idónea para desarrollar las normas que requería una nación en pleno crecimiento. Basándose entre otros, en el sistema internacional ISO.

IRAM lidera los comités técnicos nacionales que analizan los documentos en estudio, canaliza las propuestas nacionales, fija la posición de Argentina ante estos organismos y está presente en la conducción de varios de los comités técnicos internacionales.

En el campo de la certificación, IRAM forma parte de las redes internacionales: The International Certification Network (IQNET) y Worldwide System for Conformity Testing and Certification of Electrotechnical Equipment and Components (IECEE). La actividad de IRAM en estos organismos excede lo técnico, ya que participa de las instancias políticas de decisión de la mayoría de las organizaciones nombradas.

Es un reto importante el logro de la transversalidad institucional para la creación de políticas públicas homogenizadas, orientadas a establecerla construcción sostenible como una política pública institucional que contribuya a la creación de oportunidades de empleo, al desarrollo social y al cuidado ambiental.

Las normativas relacionadas con la eficiencia energética, y el acondicionamiento higrotérmico a cumplimentar en la ley 13059 de la PCIA de Buenos Aires incluyen:

### Norma IRAM 11549

AISLAMIENTO TÉRMICO DE EDIFICIOS - Vocabulario.

#### Objetivo y Campo de Aplicación

Establecer las definiciones de las magnitudes físicas y sus correspondientes símbolos y unidades, y de otros términos utilizados en el aislamiento térmico de edificios. (Todas las unidades se expresan en el sistema métrico legal argentino: SIMELA).

### Norma IRAM 11601

AISLAMIENTO TÉRMICO DE EDIFICIOS. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.

#### Objetivo y Campo de Aplicación

- Establecer los valores y los métodos fundamentales para el cálculo de las propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.
- Método simplificado para el cálculo de elementos planos no homogéneos. (No puentes térmicos).
- Estos métodos de cálculo no tienen en cuenta ni las infiltraciones de aire a través de los elementos, ni la radiación solar sobre las superficies o a través de elementos transparentes.
- Anexo A (Normativo) Tablas de propiedades térmicas de materiales de construcción.
- Anexo B (Normativo) Método simplificado para la verificación de la transmitancia térmica de los áticos.
- Anexo C (Informativo) Guía para la aplicación de la norma.
- Anexo D (Informativo) Bibliografía.

### Norma IRAM 11603

AISLAMIENTO TÉRMICO DE EDIFICIOS. Clasificación Bioambiental de la República Argentina.

#### Objetivo y Campo de Aplicación

- Establece la zonificación de la R.A. de acuerdo a un criterio bioambiental,

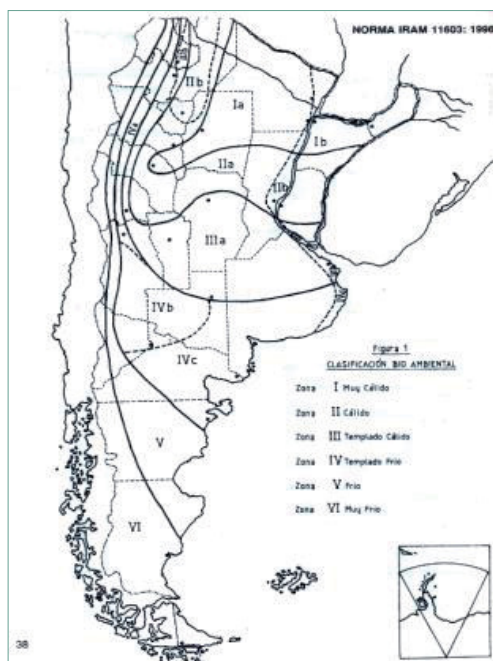
| NORMA IRAM 11601                   | CALCULO DE LA TRANSMITANCIA TERMICA |                    |            |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|------------|
| PROYECTO:                          | Vivienda unifamiliar                |                    |            |
| ELEMENTO:                          | Techo                               | EPOCA DEL AÑO:     | Invierno   |
| CIUDAD:                            | Ascasubi                            | FLUJO DE CALOR:    | Ascendente |
| CIUDAD MAS CERCANA :               | Hilario Ascasubi                    | ZONA BIOAMBIENTAL: | IIIa       |
| NIVEL DE CONFORT SEGÚN IRAM 11605: | B                                   | T. DE DISEÑO (°C): | -2,4       |

| Capa del elemento constructivo                         | espesor        | $\lambda$ | R                   |
|--|----------------|-----------|---------------------|
|  | mm             | W/m.K     | m <sup>2</sup> .k/W |
| Resistencia superficial exterior                       |                |           | 0,040               |
| 1 Tejas planas   | 10             | 0,76      | 0,013               |
| 2 Cámara de aire sobre aislante reflectivo e=0,050 a   |                | -         | 0,270               |
| 3 ISOLANT TBA10  |                | -         | 0,660               |
| 4 Cámara de aire bajo aislante reflectivo u otra e=0,0 |                | -         | 0,140               |
| 5 Madera terciada - Dens. 600 kg/m <sup>3</sup>        | 25             | 0,11      | 0,227               |
| 6  |                |           |                     |
| 7 Otro   |                |           |                     |
| 8 Otro   |                |           |                     |
| 9 Otro   |                |           |                     |
| 10 Otro  |                |           |                     |
| Resistencia superficial interior                       |                |           | 0,100               |
| <b>TOTAL</b>   | <b>132,000</b> |           | <b>1,450</b>        |

|                                      |   |       |
|--------------------------------------|---|-------|
| A                                    | Transmitancia Térmica del componente (W/m <sup>2</sup> .K)          | 0,689 |
| B                                    | Transmitancia Térmica de acuerdo a IRAM 11605 (W/m <sup>2</sup> .K) | 0,74  |
| Cumple con Norma IRAM 11605? (A < B) |   | SI    |

#### Comentarios y cálculos suplementarios

Los valores de Rt de los ítems en los que no se especifica el valor " $\lambda$ " son los declarados por el fabricante, homologado con un ensayo normalizado y/o adoptados de IRAM 11.601.



indicando las características climáticas de cada zona y ofrece consideraciones generales sobre microclimas.

- Se da para cada zona las pautas generales de diseño, evaluación de acciones favorables y cumplimiento de asoleamiento.
- En el anexo A se incluye un listado con datos climáticos correspondientes a 165 estaciones meteorológicas del país.
- En el anexo B (Normativo) La competencia jurisdiccional de las zonas bioambientales.
- En el anexo C La bibliografía.

#### Norma IRAM 11604

AISLAMIENTO TÉRMICO DE EDIFICIOS. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor.

| NORMA IRAM 11604  |               | CÁLCULO DEL COEFICIENTE VOLUMÉTRICO DE PÉRDIDA DE CALOR |                              |                          |                                |
|---|---------------|---|------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| <b>PROYECTO:</b>  |               | Vivienda Unifamiliar, Federación                        |                              |                          |                                |
| <b>CIUDAD MAS CERCANA:</b>  | Concordia     | <b>PROVINCIA:</b>                                       | Entre Ríos                   |                          |                                |
| TEMPERATURA INTERIOR (°C)   | 18            | <b>CLIMA:</b>   | BIOAMBIENTAL IIIa            |                          |                                |
| T. DE DISEÑO MINIMA (°C):   | 3,8           | <b>GRADOS DÍAS:</b>                                     | 532                          |                          |                                |
| ENVOLVENTE  |               |   |                              |                          |                                |
| <b>SUPERFICIE VIDRIADA</b>  | Menos del 20% | $S_v$ m <sup>2</sup>                                    | 1                            | $S_z$ m <sup>2</sup>     | 2                              |
| <b>PISO EN CONTACTO CON EL TERRENO</b>  |               | Otro  |                              |                          |                                |
| <b>SUPERFICIE CALEFACCIONADA</b> m <sup>2</sup>   | 50            | <b>ALTURA</b> m   | 3                            | <b>PLANTAS</b>           | 1                              |
|   |               | <b>VOLUMEN</b> m <sup>3</sup>                           | 150                          |                          |                                |
| CERRAMIENTOS OPACOS EXTERIORES (muros, techos, entepisos sobre espacios abiertos)           |               |   |                              |                          |                                |
| ELEMENTO  | e m           | S m <sup>2</sup>  | $K_u$ w/m <sup>2</sup> k     | $S \cdot K_u$ w/k        |                                |
| 1 Gravas - Dens. 1300 a 1800 kg/m <sup>3</sup>  | 0,001         | 45  | 930,00                       | 41850,00                 |                                |
| 2   |               |   |                              |                          |                                |
| 3   |               |   |                              |                          |                                |
| 4   |               |   |                              |                          |                                |
| <b>Sumatoria (<math>\Sigma</math>)</b>  |               |   |                              | 41850,00                 |                                |
| CERRAMIENTOS NO OPACOS EXTERIORES   |               |   |                              |                          |                                |
| ELEMENTO  | e m           | S m <sup>2</sup>  | N                            | $K_u$ w/m <sup>2</sup> k | $S \cdot K_u \cdot N$ w/k      |
| 1 DVH, vidrios comunes incoloros y cortina de madera cerr.                                  | 0,001         | 0,5   | 4                            | 2,15                     | 4,30                           |
| 2   |               |   |                              |                          |                                |
| 3   |               |   |                              |                          |                                |
| 4   |               |   |                              |                          |                                |
| <b>Sumatoria (<math>\Sigma</math>)</b>  |               |   |                              | 4,30                     |                                |
| OTROS CERRAMIENTOS (Entepisos sobre sótanos o muros que separan locales no calefaccionados) |               |   |                              |                          |                                |
| ELEMENTO  | e m           | S m <sup>2</sup>  | $\gamma$                     | $K_u$ w/m <sup>2</sup> k | $S \cdot \gamma \cdot K_u$ w/k |
| 1 Ladrillo hueco cerámico 18x19x33 - Ver IRAM 11601   |               | 2   | 0,5                          | 2,17                     | 2,17                           |
| 2   |               |   |                              |                          |                                |
| 3   |               |   |                              |                          |                                |
| 4   |               |   |                              |                          |                                |
| <b>Sumatoria (<math>\Sigma</math>)</b>  |               |   |                              | 2,17                     |                                |
| PISOS EN CONTACTO CON EL TERRENO  |               | Perímetro m   | $P_p$ w/mk                   | Pérdida p w/k            |                                |
| TIPO DE AISLACIÓN EN EL PISO  |               | 1   | 1,38                         | 1,38                     |                                |
| PÉRDIDAS VOLUMÉTRICAS POR INFILTRACIÓN DE AIRE  |               | n   | Pérdida n w/m <sup>2</sup> k |                          |                                |
|   |               | 2   | 0,7                          |                          |                                |
| <b>PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN</b>   |               | 41857,854   |                              | w/k                      |                                |
| <b>PÉRDIDAS VOLUMÉTRICAS POR TRANSMISIÓN</b>  |               | 279,052   |                              | w/m <sup>2</sup> k       |                                |
| <b>PÉRDIDAS VOLUMÉTRICAS GLOBALES</b>   |               | $G_{admisible}$   | 279,752                      |                          | w/m <sup>2</sup> k             |
|   |               | $G_{realizado}$   |                              |                          | w/m <sup>2</sup> k             |
| <b>VERIFICA (<math>G_{realizado} &lt; G_{admisible}</math>)</b>                             |               | <b>SI</b>   |                              |                          |                                |

### Objetivo y Campo de Aplicación

- Esta norma establece el método de cálculo del coeficiente volumétrico de pérdida del calor (Gcal), el cual permite evaluar el ahorro de energía en calefacción.
- Fija los parámetros de ahorro de energía para calefaccionar, según destino de uso (GADM).
- Es aplicable a edificios calefaccionados, con subsuelos, si los hubiere, no calefaccionados, que cumplen conjuntamente: IRAM 11605, IRAM 11625 e IRAM 11630.

- Aplicable en las zonas III, IV, V y VI, así como en todas aquellas zonas donde se superan los 900 grados días.

### Norma IRAM 11605

AISLAMIENTO TÉRMICO DE EDIFICIOS. Condiciones de habitabilidad en viviendas. Valores máximos admisibles de transmitancia térmica "K" (como máximo los valores correspondientes a nivel B).

### Objetivo y Campo de Aplicación

- Establecer los valores máximos de transmitancia térmica aplicables a

muros y techos de edificios destinados a viviendas, de manera de asegurar las condiciones mínimas de habitabilidad.

- Establece además los criterios de evaluación de los puentes térmicos.

**Norma IRAM 11625**

AISLAMIENTO TÉRMICO DE EDIFICIOS.

Verificación del riesgo de condensación del vapor de agua superficial e intersticial en paños centrales.

**Objetivo y Campo de Aplicación**

- Establecer las condiciones y un procedimiento para la verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en gral.
- Sólo a paños centrales, los puntos singulares como aristas, rincones y otros según IRAM 11630.
- Es de aplicación en todas las zonas bioambientales.

**Norma IRAM 11630**

Aislamiento térmico de edificios Verificación riesgo de condensación intersticial y superficial en puntos singulares.

**Objetivo y Campo de Aplicación**

- Establecer las condiciones y un procedimiento para la verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en gral.
- Sólo a puntos singulares, los paños centrales según IRAM 11630.
- Es de aplicación en todas las zonas bioambientales.

Tabla 1 - Valores de  $K_{max, adm}$  para condiciones de invierno \* en W/m<sup>2</sup>.

| Temperatura exterior de diseño (t <sub>e</sub> ) [°C] | Elev A |        | Elev B |        | Elev C |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|   | Muros  | Techos | Muros  | Techos | Muros  | Techos |
| +5  | 0,23   | 0,20   | 0,50   | 0,52   | 1,01   | 1,00   |
| +4  | 0,23   | 0,20   | 0,61   | 0,53   | 1,04   | 1,00   |
| +3  | 0,24   | 0,21   | 0,63   | 0,55   | 1,08   | 1,00   |
| +2  | 0,25   | 0,21   | 0,65   | 0,56   | 1,11   | 1,00   |
| +1  | 0,25   | 0,22   | 0,67   | 0,58   | 1,15   | 1,00   |
| +0  | 0,26   | 0,23   | 0,69   | 0,60   | 1,19   | 1,00   |
| - 1   | 0,27   | 0,23   | 0,72   | 0,61   | 1,23   | 1,00   |
| - 2   | 0,28   | 0,24   | 0,74   | 0,62   | 1,28   | 1,00   |
| - 3   | 0,29   | 0,25   | 0,77   | 0,65   | 1,33   | 1,00   |
| - 4   | 0,30   | 0,26   | 0,80   | 0,67   | 1,39   | 1,00   |
| - 5   | 0,31   | 0,27   | 0,83   | 0,69   | 1,45   | 1,00   |
| - 6   | 0,32   | 0,28   | 0,87   | 0,72   | 1,52   | 1,00   |
| - 7   | 0,33   | 0,29   | 0,91   | 0,74   | 1,59   | 1,00   |
| - 8   | 0,35   | 0,30   | 0,95   | 0,77   | 1,67   | 1,00   |
| - 9   | 0,36   | 0,31   | 0,99   | 0,80   | 1,75   | 1,00   |
| > 0   | 0,38   | 0,32   | 1,00   | 0,83   | 1,85   | 1,00   |

\* Para valores de t<sub>e</sub> intermedios, los valores de K<sub>max, adm</sub> se obtienen por interpolación lineal.

| NORMA IRAM 11625 |          | CALCULO DE VERIFICACIÓN DEL RIESGO DE CONDENSACIÓN SUPERFICIAL |                  |                 |              |
|------------------|----------|--|------------------|-----------------|--------------|
| PROYECTO:        |          | Vivienda Unifamiliar   |                  |                 |              |
| TIPO DE LOCAL:   |          | Vivienda   |                  | ELEMENTO: Techo |              |
| CIUDAD:          | Ascarubí | CIUDAD MAS CERCANA:  | Hilario Ascarubí | PROVINCIA:      | Buenos Aires |

| Capa  | e<br>m | λ<br>W/mK | R<br>m <sup>2</sup> /KW | t<br>°C      | z<br>g/mhPa | Rv<br>m <sup>2</sup> hPa/g | HR<br>% | P<br>hPa     | ti<br>°C | ΔT<br>°C | Condensa<br>Superficial |
|---|--------|-----------|-------------------------|--------------|-------------|----------------------------|---------|--------------|----------|----------|-------------------------|
| Aire Interior   |        |           |                         | 18,00        |             |                            | 65      | 1,347        | 11,20    | 6,80     | NO                      |
| R superficial interior                                    |        |           | 0,170                   | 15,29        |             |                            |         | 1,347        | 11,20    | 4,09     | NO                      |
| Madera terciada - Dens. 600 kg/m <sup>3</sup>             | 0,01   | 0,11      | 0,000                   | 13,06        |             | 0,000                      |         | 1,347        | 11,20    | 1,86     | NO                      |
| Cámara de aire bajo aislante reflectivo u otra e=0,025 m  | 0,025  | -         | 0,140                   | 2,54         |             | 0,000                      |         | 0,435        | -4,20    | 6,74     | NO                      |
| ISOLANT TBA10   | 0,01   | -         | 0,660                   | -1,76        | 0,000162    | 61,728                     |         | 0,435        | -4,20    | 2,44     | NO                      |
| Cámara de aire sobre aislante reflectivo e=0,050 a 0,10 m | 0,062  | -         | 0,270                   | -1,76        |             | 0,000                      |         | 0,435        | -4,20    | 2,44     | NO                      |
| Tejas planas  | 0,01   | 0,76      | 0,000                   | -1,76        |             | 0,000                      |         |              |          |          |                         |
| Otro  |        |           |                         |              |             |                            |         |              |          |          |                         |
| Otro  |        |           |                         |              |             |                            |         |              |          |          |                         |
| Otro  |        |           |                         |              |             |                            |         |              |          |          |                         |
| R sup exterior  |        |           | 0,040                   | -            |             |                            |         |              |          |          |                         |
| Aire Exterior   |        |           |                         | -2,49        |             |                            | 90      | 0,435        |          |          |                         |
| <b>TOTAL</b>  |        |           | <b>1,280</b>            | <b>20,40</b> |             | <b>61,73</b>               |         | <b>0,912</b> |          |          |                         |

K 0,78 W / m<sup>2</sup> K

Q -15,94 W / m<sup>2</sup>

### Norma IRAM 11507-1

Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos básicos y clasificación.

#### Objetivo y Campo de Aplicación

- Establece los requisitos básicos, con todos sus componentes, vidrios, accesorios y herrajes incluidos, permitiendo su clasificación para los requisitos de resistencia a la acción del viento, la estanqueidad del agua y la infiltración de aire.
- En el caso que utilicen selladores estructurales para la vinculación de sus componentes, deben además cumplir con los requisitos establecidos por la IRAM 11980.
- Esta norma no considera barandas de carpintería ó vidriadas, las ventanas del techo y las marquesinas. Tampoco incluyen fachadas integrales livianas, incluyendo aquéllas realizadas con cerramientos de vidrio estructural.

### Norma IRAM 11507-4

Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos complementarios. Aislación térmica.

### Objetivo y Campo de Aplicación

- Esta norma establece los requisitos complementarios de aislación térmica que deben cumplir las ventanas que satisfagan los requisitos establecidos en las IRAM 11507-1 e IRAM 11507-2. Están excluidas las barandas de carpintería o vidriadas, las ventanas de techo, las marquesinas, las fachadas integrales livianas, las fachadas panel y los cerramientos de vidrio estructural.
- Para la elección de las características que debe cumplir la ventana, se recomienda la aplicación de la IRAM 11988.

### Etiquetado de eficiencia energética de calefacción para edificios

#### Norma IRAM 11900

Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios:

CLASIFICACION SEGÚN LA TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE

La etiqueta de eficiencia energética especificada en esta norma tiene por objeto informar al consumidor sobre la eficiencia energética de la envolvente del edificio. Está compuesta por ocho clases de EE identificadas por las letras A, B, C, D, E, F, G y H, donde A es la más eficiente y la H es la menos eficiente.

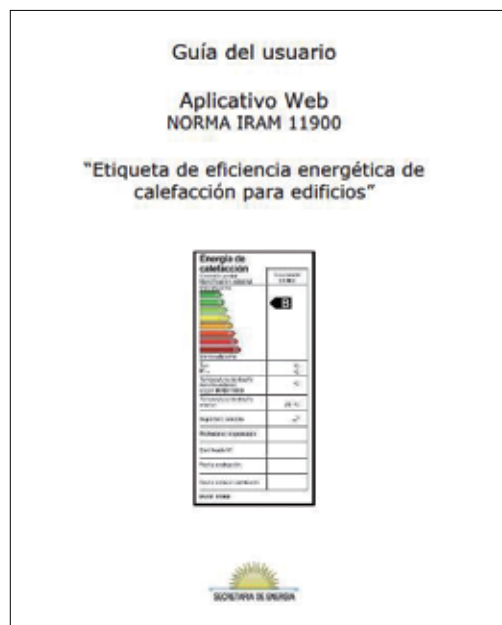


Tabla 1 Clases de eficiencia energética

| Clases de eficiencia energética | Condición <sup>1)</sup>  |
|---------------------------------|--|
| A                               | $r_m \leq 1 \text{ }^\circ\text{C}$                              |
| B                               | $1 \text{ }^\circ\text{C} < r_m \leq 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| C                               | $1,5 \text{ }^\circ\text{C} < r_m \leq 2 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| D                               | $2 \text{ }^\circ\text{C} < r_m \leq 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| E                               | $2,5 \text{ }^\circ\text{C} < r_m \leq 3 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| F                               | $3 \text{ }^\circ\text{C} < r_m \leq 3,5 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| G                               | $3,5 \text{ }^\circ\text{C} < r_m \leq 4 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| H                               | $r_m > 4 \text{ }^\circ\text{C}$                                 |

<sup>1)</sup>  $r_m$  es la variación media ponderada de la temperatura, entre la superficie interior de la envolvente y la temperatura interior de diseño, en grados Celsius.

Podemos visitar el sitio donde se encuentra el Aplicativo WEB: <http://www.energia.gov.ar/aplicativowebiram11900/login.php>

Para el resto de las provincias, las normas se implementan a través del desarrollo de códigos o reglamentos municipales, en donde algunas normas son de carácter obligatorio, respecto a las voluntarias, los gobiernos locales deciden cuales incentivar o incorporar como condiciones reglamentarias para la construcción. Un ejemplo de ello son los incentivos para la implementación de los denominados Techos o Terrazas Verdes en la ciudad de Buenos Aires.

- Normas obligatorias para "Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social ([http://www.vivienda.gob.ar/documentos/legislacion\\_y\\_normativa/estandaresminimos.pdf](http://www.vivienda.gob.ar/documentos/legislacion_y_normativa/estandaresminimos.pdf)).
- Normas de seguridad e higiene en el trabajo (<http://www.uocra.org/newuocra/images/seccion5/pdf/decreto911-96.pdf>).
- Códigos de Edificación de aplicación a nivel municipal.
- Con el ejemplo del Código de Edificación y de Ordenamiento Urbano de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (<http://www.agcontrol.gob.ar/pdf/codigo-edificacion-CABA.pdf>).
- Otras localidades del país (<http://www.cpau.org/media/BIBLIOTECA/normativa/C%C3%B3digos%20Argentina.pdf>).

## Sostenibilidad en la construcción de edificios y otras obras

### Norma IRAM 11930

Anteriormente denominada IRAM 15392. Establece principios generales para la sostenibilidad en la construcción de edificios y otras obras.

Desarrolla tres ejes de acción para la implementación de prácticas de construcción sostenible.

- El primer eje se enfoca en el diseño edilicio y arquitectónico, que incluye temas como la elección de materiales, procesos constructivos, uso racional de la energía y gestión de los recursos, entre

otros. Toma como guías: el ISO TC 268 (desarrollo sostenible para comunidades), ISO TC 205 (Entorno constructivo), ISO 13153:2012 (Guía para el proceso de diseño residencial unifamiliar y edificios comerciales pequeños eficientes en energía). Asimismo, toma en cuenta las normas obligatorias IRAM relacionadas con el acondicionamiento térmico.

- El segundo eje es la normalización de aspectos ambientales de los materiales de construcción mediante la consideración de certificados o declaraciones ambientales de los productos utilizando la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV).
- El tercer eje consiste en la normalización del sistema ISO sobre construcción sostenible. En este caso, algunos de los sistemas ISO que toma como base son: ISO 15392:2008 (Principios generales de la sustentabilidad en edificios), ISO 21929-1:2006 (Guía para el desarrollo de indicadores de sostenibilidad en la edificación), ISO 21930:2007 (Declaración ambiental de productos), entre otros.

## Otras Normas IRAM relacionadas con la eficiencia energética en edificios

### Norma IRAM 1739

Materiales aislantes térmicos- Espesores de uso – Vocabulario y criterios de aplicación.

- Definiciones.
- Anexo A: (Informativo) Ejemplo de cálculo de espesor económico y ecológico para techos (considerando un material aislante en particular).
- Anexo B: (informativo) Ejemplo de espesor de confort higrotérmico para condiciones de verano.
- Anexo C: (Informativo) Bibliografía.

### Norma IRAM 210002-1

Establece los métodos de ensayo y procedimientos de cálculo para determinar el rendimiento térmico de los colectores solares para el calentamiento de líquidos.



#### Norma IRAM 210004

Establece los métodos de ensayo exteriores para la caracterización y predicción del rendimiento anual de los sistemas solares, excluyendo los sistemas solares de calentamiento de agua sanitaria que disponen de un refuerzo auxiliar, tal como una resistencia eléctrica incorporada al termo tanque para cuando no se disponga de la radiación solar mínima para abastecer el consumo de agua caliente.

Ambas normas, **IRAM 210002-1** e **IRAM 210004**, reflejan las prácticas reales de ensayos de acuerdo a la disponibilidad de la tecnología de instrumentos accesibles en el país. Esto permite poder obtener datos de rendimiento que pueden ser cotejados y comparados por diferentes laboratorios, es decir, las dispersiones en los resultados del rendimiento van a estar respaldadas por el cumplimiento de las IRAM.

#### Norma IRAM 11523

Carpintería de obra. Ventanas Exteriores. Método de ensayo de infiltraciones.

#### Norma IRAM 11590

Método de ensayo de Estanqueidad al agua.

#### Norma IRAM 11591

Método de la determinación de la resistencia a la carga de viento.

#### Norma IRAM 2404-3

Etiquetado de eficiencia energética de equipos para la refrigeración doméstica.

#### Norma IRAM 62404-1

Etiquetado de eficiencia energética de lámparas eléctricas para la iluminación en general. Parte 1. Lámparas incandescentes.

#### Norma IRAM 62404-2

Etiquetado de eficiencia energética de lámparas eléctricas para la iluminación en general. Parte 2. Lámparas fluorescentes.

#### Norma IRAM 62406

Etiquetado de eficiencia energética para equipos de Aire Acondicionado.

#### Norma IRAM 624085

Etiquetado de eficiencia energética para motores eléctricos de inducción trifásicos.

#### Norma IRAM 2141-3

Lavarropas eléctricos. Parte 3. Etiquetado de eficiencia energética.

#### Normas IRAM en estudio

Actualmente se encuentra en estudio, la Norma IRAM 11931, adaptada de la ISO 12720 "Construcción Sostenible: Sostenibilidad en edificios y obras civiles de ingeniería. Es la guía sobre la aplicación de los principios generales de la IRAM 11930".

Como puede apreciarse, por el repaso de los títulos expuestos, todas las normas que se han tratado hasta el momento, contienen principios generales y métodos de análisis cualitativos. Hasta el momento no se ha avanzado con las normas que incluyen parámetros cuantitativos sobre evaluación de sustentabilidad de las construcciones (por ejemplo, la Norma ISO 21929-2).

El Comité CONSTRUCCIONES de IRAM cuya tarea fundamental es la de proponer líneas de acción a seguir en cuanto a políticas y estrategias de normalización nacional en el campo de la construcción. Está integrado por representantes de instituciones y entidades predominantes que representan los sectores de interés relacionados con la investigación y desarrollo, producción, consumo y regulación de la construcción, la ingeniería civil y la arquitectura en la República Argentina.

Sus funciones principales son:

- Relevar las necesidades en materia de normalización en el ámbito nacional, así como también estimar los recursos necesarios para atender a dichas necesidades, establecer las prioridades de trabajo y los objetivos a alcanzar.
- Establecer políticas y estrategias destinadas a lograr la consecución de los citados objetivos, alineándolos con la misión institucional del IRAM y respetando sus valores.

- Coordinar los planes de estudios de normas de la especialidad, y crear los organismos de estudio de normas que correspondan, determinando su alcance.
- Supervisar la labor de los organismos de estudio de normas del área, dando apoyo y asesoramiento.

#### Subcomité: Accesibilidad de las personas al medio físico

IRAM. En estudio

111116 Accesibilidad de las personas al medio físico. Espacios urbanos. Dormitorios y habitaciones accesibles (DP).

IRAM. Por estudiar

111117 Accesibilidad de las personas al medio físico. Espacios urbanos y rurales. Plazas y espacios de juego inclusivos (ANT).

111118 Accesibilidad de las personas al medio físico. Espacios urbanos y rurales. Terminales de transporte (ANT).

111119 Accesibilidad de las personas al medio físico. Espacios exteriores recreativos. Piscinas accesibles (ANT).

ISO. Por estudiar 21542 Building construction. Accessibility and usability of the built environment (REV).

#### Subcomité: Acondicionamiento térmico de edificios

IRAM 11604 Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites (Actualmente en Revisión).

#### Subcomité: Carpintería de obra y fachadas integrales livianas

IRAM 11507-6 (En estudio). Carpintería de obra y fachadas integrales livianas. Ventanas exteriores. Parte 6 - Etiquetado energético de ventanas (ANT).

IRAM 11507-4 Carpintería de obra y fachadas integrales livianas. Ventanas exteriores. Parte 4 - Requisitos complementarios. Aislación térmica (REV).

IRAM 11991 Barandas para balcón. Requisitos (ANT).

#### Subcomité: Construcción sostenible

IRAM 11931 (En estudio). Construcción sostenible. Sostenibilidad en edificios y obras de ingeniería civil. Guía sobre la aplicación de los principios generales de la IRAM 11930 (ANT).

IRAM 21929-2 (En estudio). Construcción sostenible. Indicadores de sostenibilidad. Parte 2 - Marco para el desarrollo de indicadores para obras de ingeniería civil (ANT).

IRAM 21930 (En estudio). Construcción sostenible. Declaración ambiental de productos de la construcción (ANT).

IRAM 62407 En estudio. Etiquetado de eficiencia energética de balastos para lámparas fluorescentes.

#### Glosario

(DP) significa que se trata de un documento cuya consideración técnica fundamental se ha completado y se encuentra sometido a la opinión pública de los sectores interesados.

(ANT) significa que en el organismo de estudio se están reuniendo antecedentes sobre ese tema, o bien que el primer documento preparado lleva ese nombre por estar incompleto o porque se supone que será pasible de muchas modificaciones.

(REV) significa que se trata de una norma en vigencia que está en revisión.

### NORMAS IRAM RELACIONADAS CON LOS MATERIALES Y COMPONENTES DE LA CONSTRUCCIÓN

#### Cementos

IRAM 1503 Cemento portland normal.

IRAM 1636 Cemento portland de escoria de alto horno.

IRAM 1643 Cementos - Muestreo.

IRAM 1646 Cemento portland de alta resistencia inicial.

IRAM 1651 - Parte 1 Cemento portland puzolánico - Características y condiciones de recepción (Revisión parcial edición 12/55).

IRAM 1685 Cemento de albañilería.

IRAM 1691 Cemento portland blanco.

## Cales

IRAM 1508 Cal hidráulica de origen natural hidratada en polvo para construcción (Actualización 11/72) (Revisión edición 12/65).

IRAM 1626 Cal aérea hidratada, en polvo, para construcción (Modificación 12/84) (Revisión edición 5/70).

IRAM 1628 Cal viva aérea para construcción.

## Yesos

IRAM 1607 Yeso cocido para revoques. Características.

IRAM 1611 Yeso cocido en polvo. Muestreo.

## Agregados

IRAM 1505 Agregados. Análisis granulométrico.

IRAM 1509 Agregados para hormigones. Muestreo.

IRAM 1512 Agregado fino natural para hormigón de cemento portland.

IRAM 1531 Agregados gruesos para hormigones de cemento portland.

IRAM 1567 Agregados livianos para hormigón estructural.

IRAM 1632 Polvo de ladrillo.

IRAM 1633 Arena normal.

## Maderas

IRAM 9501 Maderas de uso frecuente. Nomenclatura de comercialización.

IRAM 9502 Maderas. Definiciones.

IRAM 9503 Maderas en bruto y aserradas. Medición y ubicación.

IRAM 9552 Tablillas de madera machimbrada para parqué.

IRAM 9559 Maderas. Clasificación y definiciones de piezas.

IRAM 9560 Piezas de madera. Criterio de evaluación de defectos (Partes I, II Y III).

## Tableros

LIGNOCELULOSICOS DE FIBRAS Y PARTICULAS AGLOMERADAS.

IRAM 11532 Tableros de fibras y partículas aglomeradas. Definiciones generales.

## Aceros

IRAM-IAS U 500.503 Aceros para construcción de uso general. Clasificación y recepción por sus características mecánicas (Revisión IRAM 503/73).

## Alambres Barras

IRAM-IAS U 500-26 Alambres de aceros lisos o conformados para hormigón armado.

IRAM-IAS U 500-502 Barras de acero, de sección circular, para hormigón armado.

IRAM-IAS U 500-528 Barras de acero conformadas, de dureza natural, para hormigón armado (Revisión IRAM 528/72).

IRAM-IAS U 500-671 Barras de acero conformadas con dureza mecánica para hormigón armado. Laminadas en caliente y torsionadas o estiradas en frío (Revisión IRAM 537/72 e IRAM 671/71).

## Ladrillos y Bloques Ceramicos

IRAM 1549 Ladrillos para construcción. Métodos de ensayo generales (En revisión).

IRAM 12502 Ladrillos y bloques cerámicos para muros. Nomenclatura y definiciones.

IRAM 12518 Ladrillos cerámicos comunes.

## Bloques Heucos de Hormigón de Cemento Portland

IRAM 11 556 Mampostería de bloques huecos de hormigón de cemento portland.

## Elementos resistentes Prefabricados pra Techos

IRAM 11554 Forjados cerámicos, de hormigón mixto y no tradicional. Definiciones y características.

IRAM 11600 Viguetas prefabricadas de hormigón pretensado, simplemente apoyadas para techos y entrepisos. Características.

IRAM 12528 Ladrillos cerámicos huecos para función resistente.

## Chapas

IRAM 557 Chapas, cintas y flejes de latón común.

IRAM 670 Chapa perfilada de aleaciones de aluminio para techos y revestimientos.

IRAM 680 Aluminio y sus aleaciones. Características mecánicas de los productos laminados.

IRAM 11518 Chapas onduladas de asbesto-cemento.

IRAM 11520 Chapas planas de asbesto-cemento.

IRAM-IAS U 500-43 Chapas de acero lisas cincadas.

IRAM-IAS U 500-72 Chapas de acero cincadas por inmersión en caliente y prepintada.

IRAM-IAS U 500-84 Chapas de acero sin recubrimiento metálico, prepintada y chapas de acero cincadas por electrodeposición y pintadas.

IRAM-IAS U 500-513 Chapas de acero acanaladas, cincadas.

### Productos para Impermeabilización

IRAM 1236 Productos líquidos de poli cloropreno para impermeabilización de cubiertas.

IRAM 1558 Fieltros asfálticos de base celulósica. Características y condiciones de recepción.

IRAM 1559 Techados asfálticos de base celulósica. Características y condiciones de recepción.

IRAM 6593 Techados asfálticos (base de vidrio) - Características y condiciones de recepción.

IRAM 6638 Material de imprimación para la aplicación de fieltros y techados asfálticos.

IRAM 6639 Asfaltos para impermeabilización de obra.

IRAM 6641 Asfaltos para la construcción de cubiertas por capas para techos.

IRAM 6815 Masas asfálticas de aplicación en frío para impermeabilización de techados.

IRAM 6 817 Emulsiones asfálticas para impermeabilización de techados.

### Carpintería

IRAM 11505 Carpintería de obra. Definiciones.

IRAM 11506 Carpintería de obra. Ventanas de madera con hojas de abrir común.

IRAM 11507 Carpintería de obra. Características de los cerámicos exteriores.

IRAM 11508 Carpintería de obra. Puertas placa de madera, para interiores, de abrir común.

IRAM 11524 Puertas de carpintería metálica. De abrir común para exteriores.

IRAM 11530 Carpintería de obra. Ventanas de carpintería metálica para exteriores.

IRAM 11539 Fachadas integrales livianas. Características.

IRAM 11543 Carpintería de obra. Cerramientos exteriores de aluminio.

### Baldosas Ceramicas

IRAM 11565 Baldosas cerámicas no esmaltadas. Características.

IRAM 11574 Baldosas cerámicas esmaltadas. Características.

IRAM 12576 Baldosas cerámicas modulares.

### Baldosas Aglomeradas con Cemento

IRAM 1522 Baldosas aglomeradas con cemento con cara vista plana (Incluye IRAM 11 560/70).

### Losetas Aglomeradas con Cemento

IRAM 11563 Losetas aglomeradas con cemento (Modificación 5/74).

### Baldosas de Marmol Reconstituido

IRAM 1528 NIO/55 Baldosas de mármol reconstituido de una sola capa.

### Baldosas de Asfaltita-Asbesto

IRAM 13427 Baldosas de asfaltita-asbesto. Características (Revisión edición 12/80)

### Solados Plasticos

IRAM 13407 Baldosas de poli (cloruro de vinilo)-asbestos. Características (Fe de erratas 3/80).

### Burletes

IRAM 113092 Burletes estructurales de policloropreno.

### Selladores de tipo Elastomerico

IRAM 113342 Selladores elastoméricos utilizados en la construcción para el calafateado de juntas. Definiciones y clasificación.

IRAM 113360 Selladores para la construcción de dos o más componentes a base de polímero de caucho o de polisulfuro.

### Azulejos

IRAM 12529 Azulejos y accesorios para revestimientos de muros. Características.

IRAM 12552 Azulejos y accesorios para revestimientos de muros. Muestreo, inspección y recepción.

### Instalacion Sanitaria

IRAM 11503 Caños de hormigón armado sin pre-compresión, para desagües.

IRAM 11513 Caño y piezas de mortero de cemento portland y hormigón simple, destinadas a obras de desagües pluviales y cloacales.

IRAM 11516 Caños de asbesto cemento para líquidos a presión.

IRAM 11517 Caños de asbesto cemento, de sección circular, para circulación de líquidos y gases a baja presión y para ventilación.

IRAM 11534 Caños de asbesto cemento para redes colectoras externas de desagües cloacales pluviales.

IRAM 11536 Caños de asbesto cemento para líquidos a presión. Directivas de uso.

IRAM 11538 Caños de asbesto cementos para redes colectoras externas de desagües cloacales y pluviales. Directivas de uso.

IRAM 13325 Tubos y enchufes de unión de poli(cloruro de vinilo) rígido para ventilación, desagües pluviales y cloacales. Medidas (revisión edición 11/74)(Fe de erratas 9/82)(modificación 10/83 y 7/84)(en revisión).

IRAM 13326 Tubo de poli(cloruro de vinilo)rígido para ventilación, desagües cloacales y pluviales. Características.

IRAM 13345 Tubos de polietileno de media y alta densidad. Dimensiones.

IRAM 13349 Tubos de material plástico. Dimensiones y presiones nominales.

IRAM 13350 Tubos de poli(cloruro de vinilo) rígido.

Dimensiones.

IRAM 13445 Tubos de poliloro de vinilo) rígido. Directivas generales para el correcto manipuleo, carga y descarga, transporte, almacenamiento y estibaje.

IRAM 13464 Tubos de polietileno de media y alta densidad para conducción de líquidos. Características.

IRAM 2612 Caños y accesorios de fundición de hierro gris para instalaciones domiciliarias.

IRAM 2502 Caños de acero con rosca y cupla para unos comunes.

IRAM 2604 Conexiones de acero para caños, para usos comunes.

IRAM 2515 Caños de plomo (Revisión edición 12/49).

IRAM 2521 Caños de latón, sin costura, para conducción de agua. Estirados en frío.

### Instalacion de Gas

IRAM 2502 Caños de acero con rosca y cupla para usos comunes.

IRAM 2701 Calentadores de agua a gas, instantáneos para uso doméstico.

IRAM 2702 Calentadores de agua, a gas, instantáneos, para uso doméstico con toma de aire interior. Condición de recepción.

IRAM 2729 Reguladores de presión para gas natural. Características generales y métodos de ensayo.

### Recubrimiento de Cañería

IRAM 6632 Mezclas asfálticas para recubrimiento de cañerías. Método de absorción de agua.

IRAN 6646 Productos asfálticos para cañerías. Pintura imprimadora y mezclas de base asfáltica (Revisión edición 9/69).

IRAM 6695 Recubrimiento de cañerías, base de fibra de vidrio y material bituminoso.

Características y condiciones de recepción.

IRAM 6696 Recubrimientos de cañerías. Métodos de determinación del espesor, conocidos comer-

cialmente como velo de vidrio saturado con asfalto.

#### Accesorios de Caucho para Juntas de Cañerías

IRAM 113047 Aros, arandelas y planchas de caucho sintético, tipo cloropreno para juntas de cañerías.

IRAM 113080 Aros de caucho sintético para juntas de cañerías metálicas para conducción de gas natural o de gases derivados de petróleo. (Fe de erratas 1/78).

#### Instalacion Electrica

IRAM 2005 Caños de acero roscados y sus accesorios para instalaciones eléctricas. Tipo semipesado (Modificación 5/74 y 6/77) (En revisión edición 12/47).

IRAM 2006 Tomacorrientes, fichas y enchufes. Exigencias generales (Revisión edición 9/80).

IRAM 2007 Interruptores eléctricos manuales para instalaciones domiciliarias y similares.

IRAM 2071 Tomacomacorrientes con toma de tierra para instalaciones fijas.

IRAM 2100 Caños de acero para instalaciones eléctricas. Tipo pesado (Revisión edición 9/55).

IRAM 2183 Conductores de cobre aislados con poli(cloruro de vinilo) para instalaciones fijas interiores.

IRAM 2184 Protección contra descargas atmosféricas. Pararrayos.

IRAM 2205 Caños de acero liso y sus accesorios para instalaciones eléctricas. Tipo liviano.

IRAM 2206 Caños de poli(cloruro de vinilo) rígido para instalaciones eléctricas.

IRAM 2220 Cables con conductores de cobre aluminio aislado con material termoplástico a base de poli(cloruro de vinilo). Para instalaciones fijas en sistemas con tensiones nominales hasta 13,2 kV inclusive (revisión edición 9/81).

IRAM 2224 Caños de acero roscado y sus accesorios para instalaciones eléctricas. Tipo liviano

IRAM 2261 Cables con conductores de cobre o aluminio aislados con polietileno reticulado.

Para instalaciones fijas en redes con tensiones nominales hasta 33 kV, inclusive.

IRAM 2262 Cables con conductores de cobre y aluminio aislados con caucho etileno-propileno.

Para instalaciones fijas en redes con tensiones nominales hasta 33 kV, inclusive.

IRAM 2301 Interruptores automáticos de corriente diferencial de fuga, para usos domésticos y análogos.

IRAM 2309 Materiales para puesta a tierra. Jabalina cilíndrica de acero-cobre.

IRAM 2316 Materiales para puesta a tierra. Jabalina perfil L de acero cincado y sus accesorios.

#### Instalacion de Ascensories

IRAM 840 Cables de acero para ascensores.

IRAM 11525 Ascensores y montacargas eléctricos. Definiciones.

IRAM 11526 Ascensores y montacargas eléctricos. Características generales de proyecto.

IRAM 11527 - Parte I Ascensores y montacargas eléctricos. Condiciones generales para el sistema de maniobra y el tablero de mando.

IRAM 11527 - Parte II Ascensores montacargas eléctricos. Condiciones generales y requisitos.

IRAM 11527 - Parte III Ascensores y montacargas eléctricos. Condiciones generales y requisitos para guías, soportes, guinches y paragolpes.

#### Elementos para Instalacion Contra Incendio

IRAM 3502 Matafuegos a espuma. Manuales.

IRAM 3503 Matafuegos a polvo, con cilindro de gas y salida libre. Manuales.

IRAM 3509 Matafuegos manuales de dióxido de carbono.

IRAM 3510 Uniones de mangas para extinción de incendios.

IRAM 3522 Matafuegos a polvo con cilindro de gas y salida controlada. Manuales.

IRAM 3523 Matafuegos a polvo bajo presión. Manuales.

IRAM 3525 Matafuegos manuales a base de agua, con cilindro de gas.

IRAM 3525 Matafuegos de agua bajo presión. Manuales.

IRAM 3527 Matafuegos de agua bajo presión con líquido espumígeno, de baja expansión, formador de película acuosa (AFFF).

IRAM 3540 Matafuegos de bromoclorodifluormetano (BCF) manuales bajo presión.

IRAM 3548 Parte 1 Mangas para extinción de incendios, de fibra sintética poliéster-poliámidas o sus mezclas, recubiertas interiormente con plástico flexible o con un elastómero. Características.

IRAM 3550 Matafuegos de polvo bajo presión. Sobre ruedas.

IRAM 3552 Instalaciones fijas contra incendio. Detector de temperatura puntual.

IRAM 3570 Puertas contra incendio de madera y metálicas.

IRAM 3582 Instalaciones fijas contra incendio. Detectores de humo por ionización, por luz difusa y por luz transmitida.

### Vidrios

IRAM 12540 Vidrios planos y curvos. Definiciones.

IRAM 12558 Vidrios planos de uso corriente en la construcción. Medidas.

IRAM 1020 Definiciones generales de pinturas, barnices y afines.

IRAM 1041 Masilla común.

IRAM 1070 Pinturas al agua, tipo emulsión para interiores.

IRAM 1007 Pinturas al agua, tipo emulsión. Blanca y de colores claros para exteriores.

IRAM 1106 Pinturas esmalte sintéticas. Brillantes. (Incluye las normas IRAM 1106 y 1220).

IRAM 1182 Pintura anti óxido de fondo, sintética, de secado al aire, colorada a base de cromato de cinc (Incluye la norma IRAM 1119).

IRAM 1190 Pinturas en polvo a la cal.

IRAM 1227 Enduidos al agua, tipo emulsión (Modificación 9/74; 5/75).

IRAM 1228 Barnices (Modificación 9/82; 4/83).

IRAM 1229 Pinturas al agua, tipo emulsión para cielorrasos. (Modificación 9/74; 5/75).

IRAM 1240 Pinturas esmalte poliuretánica.

PARTE 2 QUESTÕES DO EDIFÍCIO

# Análisis de la legislación argentina sobre eficiencia energética que impulsan las políticas públicas

---

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL – ARGENTINA

Norberto Odobez

Maria Soldatti

Emanuel Taddei



## Introducción

La República Argentina cuenta con una población de 40.117.096 habitantes. Es un estado republicano, representativo y federal con una organización política descentralizada, integrada por 23 provincias y la ciudad autónoma de Buenos Aires. La mayor concentración poblacional se encuentra en la Pcia. de Buenos Aires 15,625,084 hab. y ciudad autónoma de Buenos Aires con 2,890,151hab, representando entre ambas el 46% de la población total del país. (INDEC Censo Nacional de población, hogares y vivienda 2010) que se ubica en aproximadamente el 10% del territorio.

Por lo tanto teniendo en cuenta lo antedicho es que en este trabajo se tuvo en cuenta información de las leyes, decretos, etc. que se establecen a nivel Nacional, en la provincia de Buenos Aires y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y algunos códigos de las principales ciudades del país.

### Consumo de Energía

A nivel general podemos mencionar que para el año 2014 el consumo total de energía residencial fue de 15810 miles de TEP y se distribuyeron como muestra el cuadro (Figura 1).

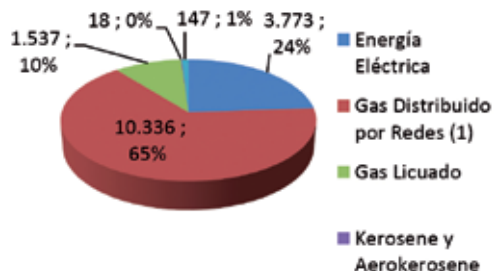
Para comparar con la distribución del consumo en el resto de los sectores podemos observar el cuadro siguiente (Figura 2), siendo el consumo residencial un 26% del total.

### Antecedentes

La REPUBLICA ARGENTINA en el año 1994, mediante la Ley N° 24.295, aprobó la CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO (CMNUCC) y por la Ley N° 25.438, en el año 2001, aprobó el PROTOCOLO DE KYOTO (PK) de esa Convención; el PROTOCOLO DE KYOTO en su Artículo 2º punto 1.a, apartado i) afirma la necesidad de los países firmantes de asegurar el fomento de la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional.

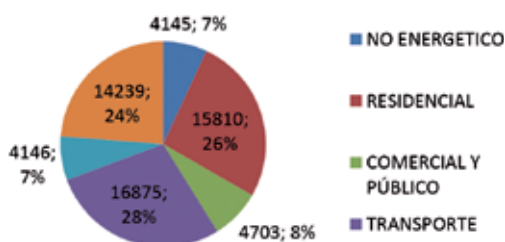
Con esos criterios la Argentina establece que resulta necesario y conveniente que el sector público asuma una función ejemplificadora ante el resto de la sociedad, implementando medidas orientadas a optimizar el desempeño energético en sus instalaciones.

**Figura 1** Consumo final residencial en miles de TEP (%)



**Fuente** BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL 2014, Secretaría de Energía de la Nación, adaptada por el autor.

**Figura 2** Consumo final por sector año 2014 en miles de TEP (%) El total fue de 59918 miles de TEP



**Fuente** MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA, 2015a, adaptada por el autor.

Que en tal sentido la Secretaría de Energía en cumplimiento de los objetivos establecidos en el Decreto N° 27 del 27 de mayo del año 2003, ha estado desarrollando acciones de promoción de la eficiencia energética, en el marco de las cuales el uso eficiente de la energía en los edificios de la Administración Pública Nacional constituye una de ellas.

Que las experiencias y estudios realizados por la SECRETARIA DE ENERGIA en edificios públicos, son un antecedente importante que justifica ampliar la implementación de medidas de eficiencia energética a toda la ADMINISTRACION PUBLICA NACIONAL (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA, 2015b).

Que conforme a lo establecido por el Decreto N° 27 (2003), corresponde a la SECRETARIA DE ENERGIA, dependiente del MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS, entender en la elaboración, propuesta y ejecución de los planes y programas destinados a promover y establecer condiciones de eficiencia

energética como parte de la política nacional en materia de energía y en coordinación con las jurisdicciones provinciales.

Que es necesario establecer un PROGRAMA DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA (PROUREE) en edificios públicos de la ADMINISTRACION PUBLICA NACIONAL, que cuente para su diseño con la coordinación y apoyo técnico de la SECRETARIA DE ENERGIA.

En consecuencia a lo antedicho el Poder Ejecutivo Nacional sancionó el Decreto 140/07 del 21/12/2007 declarando de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía, y aprobando los lineamientos del PROGRAMA NACIONAL DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA (PRONUREE), destinado a contribuir y mejorar la eficiencia energética de los distintos sectores consumidores de energía, sobre el cual se hace referencia en el Anexo I del decreto (INFOLEG, 2007).

Además instruye a la JEFATURA DE GABINETE DE MINISTROS a implementar el PROGRAMA DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA (PROUREE) en edificios públicos de todos los Organismos del PODER EJECUTIVO NACIONAL que como Anexo II forma parte del Decreto y a disponer acciones en materia de eficiencia energética en coordinación y con el apoyo técnico de la SECRETARIA DE ENERGIA (JEFATURA DE GABINETE DE MINISTROS).

Además instruye para que se cree en el ámbito del MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS la Comisión de Apoyo, Seguimiento y Control de cumplimiento de las medidas del Programa, la que estará integrada por un representante de la SECRETARIA DE ENERGIA dependiente del MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS, un representante de la UNION INDUSTRIAL ARGENTINA, un representante de la ASOCIACION EMPRESARIA ARGENTINA; un representante de la ASOCIACION DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELECTRICA de la REPUBLICA ARGENTINA; un representante de las asociaciones de usuarios y consumidores y un representante académico.

Como se dijo anteriormente y en referencia al Anexo I del decreto se establecen diferentes acciones que se detallan a continuación:

## Programa PRONUREE

### Acciones a desarrollar en el corto plazo

En el término de treinta (30) días implementar: Campaña Masiva de Educación, Concientización e Información a la población en general y a los niños en edad escolar en particular.

Iniciar reemplazo masivo de lámparas incandescentes por lámparas de bajo consumo, en todas las viviendas del país (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA, 2015c).

Iniciar régimen de etiquetado de eficiencia energética para ser aplicados a la producción, importación y/o comercialización de equipos consumidores de energía (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA, 2015d).

Auspiciar acuerdos con asociaciones bancarias, cámaras industriales y de grandes comercios, supermercados, Empresas Distribuidoras de Energía Eléctrica, Universidades Nacionales, Organismos Tecnológicos y Cámaras Empresariales, cuyo objetivo sea mejorar la eficiencia energética de las empresas. Emisión de un Certificado de Eficiencia Energética, con acceso a financiamiento promocional, para las empresas que adhieran. Auspiciar Convenios con el MERCOSUR.

### Acciones a desarrollar en el mediano y largo plazo

En el término de noventa (90) días implementar:

- INDUSTRIA

Programa de Eficiencia Energética para el Sector Industrial.

Adhesión a este programa de asociaciones empresariales mediante acuerdos voluntarios. Realizar diagnósticos para evaluar el actual desempeño energético de los procesos productivos. Acciones de difusión, multiplicación y monitoreo.

Diseñar y desarrollar programas tecnológicos y desarrollo de Empresas Proveedoras de Servicios Energéticos (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA, 2015e).

Implementar un mecanismo de financiación destinado a facilitar inversiones en proyectos de eficiencia energética en el sector de las PYME (MI-

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA, 2015f).

Adhesiones al Programa de las distintas jurisdicciones provinciales y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

- COMERCIAL Y SERVICIOS

Programa de Eficiencia Energética para el sector comercial y de servicios. Desarrollo de estándares vinculados a la iluminación eficiente, sistemas de calefacción y acondicionamiento de aire, conservación de alimentos, empleo del agua, etc. Formulación y revisión de la normativa de construcción para edificios.

- EDUCACION

- Incorporar a los planes educativos de los distintos niveles de formación conceptos generales de energía, eficiencia energética, energías renovables y ambiente, en coordinación con las jurisdicciones correspondientes. Implementar cursos de posgrado en eficiencia energética en las Universidades Nacionales. COGENERACION

Plan de mediano plazo para Cogeneración Eléctrica. Marco Regulatorio para estos proyectos. Creación y desarrollo de nuevas Empresas Proveedoras de Servicios Energéticos para proyectos de cogeneración.

- ETIQUETADO DE EFICIENCIA ENERGETICA

Establecer niveles máximos de consumo específico de energía, o mínimos de eficiencia energética, de máquinas y/o artefactos consumidores de energía fabricados y/o comercializados en el país, basado en indicadores técnicos pertinentes. Proponer un cronograma para la prohibición de producción, importación y comercialización de lámparas incandescentes (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA, 2015d).

- REGULACION DE EFICIENCIA ENERGETICA

Elaborar alternativas regulatorias y tarifarias a fin de establecer mecanismos permanentes de promoción de la eficiencia energética

- ALUMBRADO PUBLICO Y SEMAFORIZACION

Relevamiento de los Sistemas, y elaboración de una base de datos. Desarrollo e implementación

de regulaciones tendientes a la mejora de la eficiencia energética de estos Sistemas. Evaluar la conveniencia de la implementación de equipos y sistemas economizadores de energía (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA, 2015g).

- TRANSPORTE

Ahorro energético en el sector transporte mediante una ampliación y mejora de la gestión del transporte colectivo y su implementación más adecuada a la distribución demográfica y a la movilidad de la región. Diseñar un Programa Nacional de Conducción Racional, dirigido a choferes de empresas del sistema de transporte automotor de pasajeros y de carga. Diseño de un programa de etiquetado automotor. Diseño de un programa de mantenimiento de vehículos afectados a servicios públicos y de una campaña de concientización sobre los impactos ambientales y energéticos.

- VIVIENDAS

*Viviendas nuevas*

Iniciar las gestiones conducentes para el diseño de un sistema de certificación energética de viviendas. Establecer índices máximos de consumo, tanto de energía eléctrica como de energía térmica.

Iniciar las gestiones conducentes para la reglamentación del acondicionamiento térmico en viviendas, establecer exigencias de aislamiento térmico de techos, envolventes, ventanas y pisos ventilados de acuerdo a diferentes zonas térmicas del país.

Incluir el uso óptimo de la energía solar en la fase del diseño arquitectónico y en la planificación de las construcciones (tanto para calentamiento como para iluminación).

*Viviendas en Uso*

Desarrollar un sistema de incentivos para la disminución del consumo de energía que incluya; por ejemplo: financiamiento preferencial para medidas destinadas a reducir el consumo.

Diseñar una estrategia para la implementación masiva de sistemas de calentamiento de agua basados en energía solar, especialmente en poblaciones periféricas.

Implementar un programa nacional de aislamiento de viviendas que incluya techos, envolventes y aberturas.

## Edificación Pública

### Acciones a desarrollar en el corto plazo

Implementar las siguientes medidas dentro de los TREINTA (30) días siguientes a la publicación del decreto. Establecer la regulación de la temperatura de refrigeración de los equipos de aire acondicionado en VEINTICUATRO GRADOS CENTIGRADOS (24°C), en todos los edificios de la Administración Pública Nacional y adoptar en cada caso las medidas necesarias para evitar pérdidas de energía por intercambio de calor con el exterior. Proceder al apagado de las luces ornamentales a la CERO (0:00) hora, en todos los edificios de la Administración Pública Nacional.

Finalizar las actividades de la Administración Pública Nacional a las DIECIOCHO (18:00) horas, con las excepciones previstas en el Artículo 6º del Decreto Nº 2476 del 26 de noviembre de 1990, apagando las luces, el aire acondicionado y el stand by (modo espera) de los equipos de computación, y para realizar la limpieza de los edificios con luz natural. Establecer un programa de mejora de la eficiencia energética de los sistemas de iluminación de los edificios de la Administración Pública Nacional, a ejecutar dentro de los siguientes DOCE meses de publicado el presente Decreto. Capacitar al personal de la ADMINISTRACION PUBLICA NACIONAL en buenas prácticas de uso eficiente de la energía.

### Acciones a desarrollar en el mediano y largo plazo

Implementar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROUREE) en Edificios Públicos, dentro de los NOVENTA (90) días de publicado el presente Decreto, considerando los siguientes lineamientos:

Cada Organismo de la ADMINISTRACION PUBLICA NACIONAL será responsable del cumplimiento e implementación del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROUREE) en Edificios Públicos en su jurisdicción.

Crear en cada Organismo las figuras del Administrador Energético y la de Ayudantes del Ad-

ministrador Energético. Incluir en los sistemas de compras del Estado Nacional criterios de eficiencia energética para la adquisición de bienes y servicios.

Todos los Organismos dependientes de la ADMINISTRACION PUBLICA NACIONAL proveerán la información necesaria para el desarrollo del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROUREE) en Edificios Públicos.

A los efectos de unificar la información se confeccionará un inventario detallado y actualizado de todas las instalaciones de energía eléctrica, gas, equipos de acondicionamiento de aire, sanitarios y agua potable de todos los Edificios Públicos dependientes de la ADMINISTRACION PUBLICA NACIONAL.

La SECRETARIA DE ENERGIA dependiente del MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS, asesorará la actividad de los Administradores Energéticos en todos los temas técnicos que considere necesario.

El Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROUREE) en Edificios Públicos no debe comprometer el normal desarrollo de las actividades que se realizan en los edificios.

Para tal fin en el año 2009 bajo la decisión administrativa 393/2009, la Jefatura de Gabinete de Ministros (JGM); crea la Comisión Gubernamental para el Uso Racional y Eficiente de la Energía, (COGUREN), para coordinar las acciones del PROGRAMA, la cual según la Decisión Administrativa 48/2010 es sustituida por la UNIDAD EJECUTORA. Esta UNIDAD DE EJECUCION Y GESTION para el USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA (UNIRAE) tienen como función realizar las acciones que permitan asegurar la implementación del PROGRAMA, las cuales se definen en general como:

- Definir las etapas de avance
- Centralizar la información disponible para una mejor implementación del PROGRAMA
- Centralizar y monitorear la ejecución y el cumplimiento del PROUREE
- Impulsar por intermedio de la SECRETARIA DE ENERGIA del MINISTERIO DE PLANIFICA-

ACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS, las acciones y normas destinadas a la mejor difusión del PROURE.

- Requerir el servicio de especialistas en Eficiencia Energética a los efectos de realizar Estudios, Jornadas de Trabajo, capacitar al personal perteneciente

Por resolución 210/2009 de la (JGM) , aprueba la Guía para El Uso Racional y Eficiente de la Energía en Edificios y Dependencias Pública (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA, 2015i).

Siguiendo con las acciones del programa la SECRETARIA DE COORDINACION ADMINISTRATIVA Y EVALUACION PRESUPUESTARIA de la JEFATURA DE GABINETE DE MINISTROS se dicta la Resolución N° 121/2011, que en el marco de los lineamientos vinculados con las acciones a desarrollar en el corto, mediano y largo plazo en relación con el Programa en cuestión, determinadas en el ANEXO II del citado Decreto, se establece que cada Organismo de la ADMINISTRACION PUBLICA NACIONAL será responsable del cumplimiento e implementación del Programa en los Edificios Públicos en su jurisdicción y de crear, según requerimiento del numeral 2.2 del Decreto aludido, la figura del Administrador Energético y la de los Ayudantes del Administrador Energético.

Se desarrollaran las "recomendaciones generales para los administradores energéticos" (INFOLEG, 2009).

El Administrador Energético deberá llevar un inventario detallado y actualizado de todas las instalaciones de energía eléctrica, gas, equipos de acondicionamiento de aire, sanitarios y agua potable de todos los edificios públicos dependientes de la ADMINISTRACION PUBLICA NACIONAL.

Esta tarea permitirá generar una base de datos de su equipamiento, que permitirá, conjuntamente con el análisis del consumo de energía, realizar un diagnóstico energético que permita minimizar el efecto sobre el medio ambiente, sin restar calidad de vida y condiciones laborales de los trabajadores. Los Administradores Energéticos y sus Ayudantes tendrán acceso al SAORE DESKTOP que es una herramienta creada para cumplir con el objetivo señalado y posteriormente realizar

actualizaciones periódicas de la base de datos incorporando las experiencias obtenidas por su uso (SAORE).

Y por último establece además, que dicha norma resulta aplicable en todos los edificios públicos dependientes del Poder Ejecutivo Nacional, quedando alcanzados los Ministerios, Secretarías, Organismos Descentralizados y/o Autárquicos y todas aquellas reparticiones que integran la Administración Pública Nacional.

A partir de lo indicado en el PRONUREE (decreto 140/2007- Anexo I, inciso 2.9), en el año 2009, la Secretaría de Energía indica la necesidad de iniciar las gestiones para el diseño de un sistema de certificación energética de viviendas y solicitó al IRAM la elaboración de una norma para alcanzar dicho objetivo, por lo que en mayo de 2010 se aprobó la norma IRAM 11900 "Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios" (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA, 2015h). Dicha norma establece una metodología simplificada para calcular el nivel de eficiencia energética de la envolvente de los edificios susceptibles a utilizar calefacción. Los resultados son expuestos en una etiqueta similar a la utilizada para calificar la eficiencia energética de equipos domésticos

### Eficiencia Energética Eléctrica en la edificación

#### Programa de Uso Racional de Energía Eléctrica (PUREE)

Programa que mediante cargos y bonificaciones promueve que las viviendas y edificaciones generales implementen medidas de eficiencia energética. En mayo de 2005, la Secretaría de Energía lanzó la segunda versión del PUREE, que establece un sistema de bonificaciones para las edificaciones o viviendas que ahorren energía y cargos adicionales para quienes excedan los límites de electricidad establecidos (PUREE, 2013).

Las bonificaciones se hacen a los usuarios generales y residenciales que logren mínimo un 10% de ahorro respecto al mismo periodo del 2003 y a los usuarios de medianas y grandes demandas con un 10% de ahorro mínimo respecto al mismo periodo del 2004. Asimismo, reciben cargos adicionales los usuarios residenciales y empresa de

baja demanda eléctrica que consuman más de 300 kWh por bimestre y los usuarios de grandes y medianas demandas que no ahorren, como mínimo, un 10% respecto a los consumos de 2004.

## Acciones paralelas a la eficiencia energética en el sector residencial

### Consumo por usos finales

#### Equipamiento y electrodomésticos eficientes

A partir del Programa Nacional de uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE) establecido por el Decreto 140/2007 se implementaron las distintas normas de etiquetado de electrodomésticos eficientes.

La resolución SE 396/2009 implementó la Clase C de eficiencia energética mínima para la comercialización de refrigeradores de uso doméstico y la resolución SE 198/2011 la que estableció idénticas medidas para los freezers. Las resoluciones SE 1542/2010 y 1407/2011 establecieron los estándares mínimos en el caso de los aires acondicionados. La Ley N° 26.473 a su vez prohibió la comercialización de lámparas incandescentes en todo el país a partir del 31/12/2010

## Municipios Sustentables

Municipios Sustentables es un programa federal que se implementa a nivel municipal y fue creado bajo la resolución No. 1493/2008 y es coordinado por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SADS). El principal objetivo es brindar asistencia técnica y financiera para la elaboración de planes locales de desarrollo sustentable y fortalecer capacidades institucionales, especialmente en los municipios que presentan mayores necesidades ambientales y sociales. El programa incentiva la implementación de políticas públicas ambientales y la creación de proyectos relacionados con el desarrollo sustentable a nivel local.

El principal objetivo del PROGRAMA MUNICIPIOS SUSTENTABLES (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE) es brindar asistencia técnica y financiera para la elaboración de planes locales de desarrollo sustentable que involucren los componentes elegibles para la SECRETARÍA.

Asimismo, con el PROGRAMA se persigue el fin de fortalecer las capacidades locales públicas y

privadas así como las de la Sociedad Civil para gestionar los planes locales de desarrollo sustentable y desarrollar metodologías, identificar mejores prácticas y desarrollar estándares de gestión ambiental local.

Implementar políticas públicas para el desarrollo sustentable local, implica una planificación del territorio que genere un impacto positivo tanto en lo ambiental como en lo social y productivo. De esta manera, el PROGRAMA busca instalar prácticas de uso racional de los recursos naturales que generen inclusión social y competitividad económica, apoyándose en actividades tendientes a la capacitación técnica y de gestión.

Los componentes elegibles para la asistencia financiera atendida por el PROGRAMA, serán los siguientes:

- La Gestión y el Fortalecimiento Institucional.
- Ordenamiento Territorial y Áreas Protegidas.
- Educación, Comunicación y Participación.
- Consumo Responsable y Ahorro Energético en Dependencias Municipales.

## Sub Secretaría de desarrollo urbano y vivienda

### Programas Federales

Estos programas pretenden la disminución del déficit habitacional existente en el país, facilitando el acceso a una vivienda digna y a diferentes soluciones de infraestructura básica, para lograr una mejor calidad de vida para todos los argentinos.

Los proyectos que se ejecutan incluyen la participación de las organizaciones comunitarias, cooperativas y demás instituciones, para cubrir de manera integral las deficiencias de integración social existentes (SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENCIA).

#### Programa Mejoramiento de Barrios prestamo BID 2662 OC-AR

Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios Secretaría de Obras Públicas Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENCIA).

### Programa Mejor Vivir

El Programa, está destinado a la terminación, ampliación / refacción de la vivienda de todo grupo familiar que necesita que su actual vivienda sea completada y/o mejorada, cuando a partir de su propio esfuerzo haya iniciado la construcción de su vivienda única, y que no tengan acceso a las formas convencionales de crédito (SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENCIA).

### Proyecto de Eficiencia Energética y Energía Renovable en Vivienda Social en Argentina

Durante el año 2015 el Directorio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) aprobó el proyecto Eficiencia Energética y Energía Renovable en Vivienda Social en Argentina. Se trata de un financiamiento no reembolsable de 14.6 millones de dólares provenientes del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF en inglés). Tiene una contrapartida local de 70.7 millones de dólares y una cooperación técnica no reembolsable del BID de 1 millón de dólares.

El objetivo general del proyecto es contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero como resultado de la disminución del consumo de energía. En función de ello el objetivo específico es elaborar estándares mínimos de habitabilidad incorporando medidas de eficiencia energética (EE) y energía renovable (ER) para la construcción de vivienda social basados en los resultados de los prototipos construidos y monitoreados por el proyecto.

Se construirán 128 prototipos de vivienda social distribuidos en ocho localidades argentinas que representan las ocho regiones bioclimáticas de mayor densidad urbana del país. Se trata de Ushuaia (T del Fuego), Alte. Brown (Pcia. De Buenos Aires), Rawson y Comodoro Rivadavia (Chubut), Tafí Viejo (Tucumán), Rosario de Lerma (Salta), Formosa capital (Formosa) y Gral San Martín (Mendoza) (SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENCIA).

### Provincia de Buenos Aires

La LEY 13059 que sanciono EL SENADO Y CÁMARA DE DIPUTADOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, sobre "Condiciones de acondicionamientos térmico exigibles en la construcción de edifi-

cios" del 9 abril de 2003 y que en su ARTICULO 1 dice: La finalidad de la presente Ley es establecer las condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios, para contribuir a una mejor calidad de vida de la población y a la disminución del impacto ambiental a través del uso racional de la energía.

El confort en las viviendas y la reducción de las emisiones se obtendrían aplicando simplemente las normas IRAM11.549, 11.601, 11.603 y 11.605 en sus niveles A y B y 1.739 lo cual significaría un aporte valiosísimo en la lucha contra la contaminación ambiental. Esta ley fue reglamentada por el DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURA bajo el DECRETO 1.030 2 de JULIO de 2010.

Por lo tanto esta ley esta vigente y debe ser aplicada en todo el territorio de la provincia y por medio del control municipal (DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURA).

El PUREE (Programa de Uso Racional de la Energía Eléctrica), puesto en marcha por el Ministerio de Infraestructura, Vivienda y Servicios de la Provincia de Buenos Aires, tiene como finalidad esencial incentivar el ahorro de la energía eléctrica para generar excedentes que puedan ser utilizados particularmente en momentos de escasez de oferta de energía eléctrica por bajos aportes al sistema de las Centrales Hidroeléctricas y Térmicas, producto del crecimiento del nivel de la economía.

En este sentido, todas las Distribuidoras Provinciales y Municipales de Energía Eléctrica de la Provincia de Buenos Aires bajo jurisdicción provincial deben aplicar el sistema de incentivos o cargos adicionales a los clientes, según hayan reducido o incrementado su consumo en cada período actual respecto a los períodos de referencia (ENRE).

### Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA)

#### Programa Cubiertas Verdes

El Programa Cubiertas Verdes en Edificios Públicos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires fue creado en 2010 entendiendo que "la implementación de cubiertas verdes en la Ciudad constituye un paso hacia una ciudad más saludable y más sustentable", como establece la Resolución N° 175/APRA/10 que lo creó (BUENOS AIRES CIUDAD).

Mediante la ley 4428 de diciembre de 2012, CABA se promueve la construcción de techos y terrazas verdes y en las obras nuevas se aplican reducciones en el pago de las tasa de alumbrado, barrido y limpieza (ABL). Con esto, los edificios comerciales han sido los que dan los primeros pasos para colocar vegetación en sus techos y terrazas, sin embargo el programa incentiva a que cualquier vecino instale cubiertas verdes (BUENOS AIRES CIUDAD).

- La Ley 449 y 123 y el Decreto No. 222/2012 establecen reglamentaciones respecto a la realización de estudios de Evaluación de Impacto Ambiental que analicen la interacción de los proyectos de construcción con el medio ambiente.

#### Programa de Eficiencia Energética en Edificios Públicos

Proyecto de ley de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires con un objetivo y estructura similar a la Ley 13.059. Cabe aclarar que los Códigos de Construcción de esta jurisdicción tienen gran influencia en el desarrollo de normas provinciales y municipales en todo el país.

A través del Programa de Eficiencia Energética en Edificios Públicos (BUENOS AIRES CIUDAD) se busca optimizar el consumo energético en los edificios gubernamentales para que, a través del ejemplo, se logre la propagación y asimilación por parte de toda la sociedad de medidas que promuevan la eficiencia energética. De esta forma, se pretende reducir el consumo de energía y la emisión de dióxido de carbono en la Ciudad.

Mediante la implementación del Programa se obtiene un diagnóstico energético de los edificios participantes, que permita avanzar en el desarrollo de recomendaciones de mejora para cada uno, a fin de eficientizar el consumo energético en lo que respecta a energía eléctrica y gas.

#### Objetivos del programa

Lograr un ahorro mínimo en el consumo de energía del 10% para el año 2012 en edificios públicos del gobierno porteño, y del 20% para el año 2015 (en base a datos del año 2008). Instalar en los sectores productivos y de servicios, y en la sociedad en general, los conceptos que hacen a la mejora

de la eficiencia energética en las prácticas cotidianas. Contar con información sistematizada de prácticas y casos de eficiencia energética en iluminación, climatización y edificaciones en la Ciudad. Disponer de información sistemática sobre las toneladas de dióxido de carbono que se han dejado de emitir gracias a la aplicación de prácticas de eficiencia energética en edificios públicos.

#### Programa de Hoteles Responsables con el Ambiente (Buenos Aires Ciudad)

A través de este programa, la Agencia de Protección Ambiental (APrA) del Ministerio de Ambiente y Espacio Público brinda un reconocimiento a aquellos establecimientos que trabajan en mejorar su gestión de negocios hacia una visión sustentable. Creado mediante la Resolución N°278/GCABA/APRA/11, comenzó en agosto de 2011 con el objetivo de reconocer a aquellas empresas que han demostrado fehacientemente cumplir con la normativa ambiental en general y con las regulaciones específicas del sector en el cual se encuentran insertos. Además, se deja constancia de que han acreditado superar el cumplimiento mínimo exigible hacia un modelo sostenible de gestión empresarial.

Los hoteles que participen del programa, y den cumplimiento a los criterios aludidos, serán reconocidos con un distintivo que podrán exhibir en sus establecimientos y en todo el material institucional de difusión, sea en soporte papel o electrónico.

Los principales puntos que se evalúan para otorgar un reconocimiento son:

- Eficiencia energética
- Consumo Responsable
- Gestión de residuos peligrosos
- Manejo del agua
- Calidad del Aire

#### Programa de Uso Racional de la Energía Eléctrica

El Programa es un sistema de incentivos a la reducción del consumo a través de un mecanismo de bonificaciones y cargos adicionales.

En mayo de 2005 la Secretaría de Energía lanzó la segunda versión del Programa de Uso Racional de la Energía Eléctrica (PUREE), que establece un



sistema de bonificaciones para quienes ahorren y cargos adicionales para quienes se excedan en el consumo de electricidad. El PUREE, dispuesto por la Resolución N° 745/05 de la Secretaría de Energía y reglamentado por la Resolución ENRE N° 355/05, alcanza a los usuarios residenciales, comerciales e industriales de las empresas Edenor S.A., y Edesur S.A.

Como resultado de los incentivos del anterior PU-REE (2004), entre junio de 2004 y junio de 2008 20.72 millones de usuarios residenciales se beneficiaron con las bonificaciones correspondientes.

### Municipio de Rosario - Pcia. de Santa Fe

#### Reglamento de Edificación

Este Reglamento incluye normas promulgadas con posterioridad al Reglamento de Edificación aprobado en 1990 (Ord. N° 4.975/90), las que fueron incorporadas, para su mejor comprensión y al solo efecto práctico, por materia, a lo largo del articulado de dicho plexo normativo.

A partir del día 26 de mayo de 2009 tiene vigencia la estructura del Nuevo Reglamento de Edificación y su Capítulo V. "Circulaciones y Medios de Escape" (Ord. N° 8336/08).

Desde ese momento es indispensable reconocer la coexistencia transitoria de las dos estructuras normativas, el Reglamento de Edificación y las normas promulgadas con posterioridad al Reglamento de Edificación aprobado en 1990 y el Nuevo Reglamento de Edificación, hasta que este último sustituya por completo al primero (MUNICIPALIDAD DE ROSARIO).

#### Conclusión

Observando las políticas, normativas y programas que se desarrollan a nivel del estado nacional para impulsar la eficiencia energética en los diferentes sectores tiene una derivación en las provincias y municipios que la adopten. En referencia a la vinculación con edificios, sus instalaciones, equipamiento hay acciones hacia el interior de la estructura estatal que como ejemplo tiene el objetivo de derramar a la sociedad en su conjunto, además de generar herramientas como los programas federales de vivienda que sin pretender un objetivo específico a la eficiencia energética lo

permite por las acciones hacia el mejoramiento de las mismas.

Debemos decir además que cada municipalidad establece su propio código de edificación por lo cual es difícil encontrar la mención a la Eficiencia Energética sobre las construcciones, salvo que una norma de nivel superior como por ejemplo la LEY 13059 de la Pcia. de Buenos Aires lo determine.

#### Referencias

BUENOS AIRES CIUDAD. **Producción Sustentable**. Disponible en: <[http://www.buenosaires.gov.ar/areas/med\\_ambiente/apra/des\\_sust/prod\\_sust/cubiertas\\_verdes.php?menu\\_id=32411](http://www.buenosaires.gov.ar/areas/med_ambiente/apra/des_sust/prod_sust/cubiertas_verdes.php?menu_id=32411)>. Acceso en: 22 dic. 2015.

----- **Boletín Oficial**. 2013. Disponible en: <<http://boletinoficial.buenosaires.gov.ar/documentos/boletines/2013/01/20130121.pdf>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

----- **Energía**. Disponible en: <<http://www.buenosaires.gov.ar/agenciaambiental/estrategias-ambientales/energia>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

----- **Consumo Responsable**. Disponible en: <[http://www.buenosaires.gov.ar/areas/med\\_ambiente/apra/des\\_sust/consumo\\_sust/hoteles.php?menu\\_id=34072#d](http://www.buenosaires.gov.ar/areas/med_ambiente/apra/des_sust/consumo_sust/hoteles.php?menu_id=34072#d)>. Acceso en: 22 dic. 2015.

DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURA. **Decreto 1.030**. 2010. Disponible en: <<http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/10-1030.html>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

ENRE. **Programa de Uso Racional de la Energía eléctrica (PUREE)**. Disponible en: <<http://www.enre.gov.ar/web/web.nsf/PUREE?OpenFrameset>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

INFOLEG. **Programa Nacional De Uso Racional Y Eficiente De La Energía**. 2007. Disponible en: <<http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/136078/norma.htm>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

----- **Jefatura De Gabinete De Ministros**. 2009. Disponible en: <<http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/155000-159999/158802/norma.htm>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

JEFATURA DE GABINETE DE MINISTROS. **Unidad De Ejecución Y Gestión Para El Uso Racional Y**

**Eficiente De La Energía.** Disponible en: <[https://www.jefatura.gov.ar/unidad-de-ejecucion-y-gestion-para-el-uso-racional-y-eficiente-de-la-energia\\_p270](https://www.jefatura.gov.ar/unidad-de-ejecucion-y-gestion-para-el-uso-racional-y-eficiente-de-la-energia_p270)>. Acceso en: 22 dic. 2015.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA. **Balance Energético Nacional.** 2015a. Disponible en: <<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>>. Acceso en: 22 de diciembre de 2015.

----- **Informe unidades de demostración EE en edificios públicos.** 2015b. Disponible en: <[http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/prouree/informeunidadesdemostracion\\_ee.pdf](http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/prouree/informeunidadesdemostracion_ee.pdf)>. Acceso en: 22 dic. 2015.

----- **Reemplazo Lámparas Incandescentes por LCFs.** 2015c. Disponible en: <<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2924>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

----- **Listado de Normas Técnicas de Etiquetado.** 2015d. Disponible en: <<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3966>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

----- **Diagnósticos Energéticos para PyMEs.** 2015e. Disponible en: <<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3940>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

----- **Fondo Argentino de Eficiencia Energética.** 2015f. Disponible en: <<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3831>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

----- **PRONUREE - Alumbrado Público.** 2015g. Disponible en: <<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3101>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

----- **Etiqueta EE de la envolvente** aplicativo. 2015h. Disponible en: <<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3948>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

----- **Ventanas exteriores.** 2015i. Disponible en: <<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3949>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

----- **Recomendaciones para Administradores Energéticos - Edificios APN.** 2015j. Disponible en: <<http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/prouree/recomendacio>

[nes\\_prouree\\_edificios\\_publicos.pdf](http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/prouree/recomendacion_prouree_edificios_publicos.pdf)>. Acceso en: 22 dic. 2015.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE y Desarrollo Sustentable de la Nación. **Asistencia financiera para Municipios.** Disponible en: <<http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=10853>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

MUNICIPALIDAD DE ROSARIO. **Reglamento de Edificación.** Disponible en: <[http://www.rosario.gov.ar/sitio/arquitectura/reglamento\\_edif.jsp?nivel=Arquitectura&Ar\\_5](http://www.rosario.gov.ar/sitio/arquitectura/reglamento_edif.jsp?nivel=Arquitectura&Ar_5)>. Acceso en: 22 dic. 2015.

SAORE. Disponible en: <<http://www.saore.com.ar/ppal.htm>>. Acceso en: 22 de diciembre de 2015.

SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y VI-VIENCIA. **Programas.** Disponible en: <<http://www.vivienda.gov.ar/programas.php>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

----- **Programa Mejoramiento de Barrios.** Disponible en: <<http://www.promeba.gov.ar/programa.php>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

----- **FedMEJOR Vivir.** Disponible en: <<http://www.vivienda.gov.ar/mejorvivir/index.html>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

----- **El BID aprobó el proyecto de Eficiencia Energética y Energía Renovable en Vivienda Social en Argentina.** 2015. Disponible en: <<http://www.vivienda.gov.ar/noticias.php?noticia=22009>>. Acceso en: 22 dic. 2015.

Esta publicação foi composta utilizando-se as famílias tipográficas Futura e Roboto Slab.

É permitida a reprodução parcial desta obra, desde que citada a fonte e que não seja para qualquer fim comercial.

