Banco Interamericano de Desenvolvimento

Vamos construir verde?

Guia prático para edificações, espaços públicos e canteiros sustentáveis no Brasil

Autores:
Esperanza González-Mahecha (CCS/CSD),
Livia Minoja (SCL/SCL),
Lucas Rosse Caldas (COPPE/UFRJ),
Clémentine Tribouillard (HUD/CBR)

Setor de Mudança Climática e Desenvolvimento Sustentável

Divisão de Habitação e Desenvolvimento Urbano

Divisão de Mudança Climática

Setor de Infraestrutura e Energia

NOTA TÉCNICA N° IDB-TN-01807

Junho, 2020

Vamos construir verde?

Guia prático para edificações, espaços públicos e canteiros sustentáveis no Brasil

Autores:
Esperanza González-Mahecha (CCS/CSD),
Livia Minoja (SCL/SCL),
Lucas Rosse Caldas (COPPE/UFRJ),
Clémentine Tribouillard (HUD/CBR)

Junho, 2020

BID
Banco Interamericano de Desenvolvimento

Catalogação na fonte fornecida pela
Biblioteca Felipe Herrera do
Banco Interamericano de Desenvolvimento

Vamos construir verde?: guia prático para edificações, espaços públicos e canteiros sustentáveis no Brasil / Esperanza González-Mahecha, Livia Minoja, Lucas Rosse Caldas, Clementine Tribouillard.
p. cm. — (Nota técnica do BID ; 1807)
Inclui referências bibliográficas.
1. Sustainable urban development-Brazil. 2. Infrastructure (Economics)-Environmental aspects-Brazil. 3. Urban ecology (Sociology)-Brazil. 4. Public spaces-Environmental aspects-Brazil. 5. Green roofs (Gardening)-Brazil. I. González-Mahecha, Esperanza. II. Minoja, Livia. III. Rosse Caldas, Lucas. IV. Tribouillard, Clementine. V. Banco Interamericano de Desenvolvimento. Divisão de Habitação e Desenvolvimento Urbano. VI. Banco Interamericano de Desenvolvimento. Divisão de Mudança Climática. VII. Banco Interamericano de Desenvolvimento. Setor de Infraestrutura e Energia. VIII. Série.
IDB-TN-1807

Códigos JEL: O13; O14; O18; O31; Q20; Q28; Q40; Q48; Q50; Q54; Q55: Q56; Q57; Q58; R30; R31; R32; R33; R38

Palavras-chave: Construção verde; arquitetura; desenvolvimento urbano; mudanças climáticas; ecoconstrução; edifícios; espaços públicos; canteiro de obra.

iadb.org

Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desenvolvimento. Esta obra está licenciada sob uma licença Creative Commons IGO 3.0 Atribuição-NãoComercial-SemDerivações (CC BY-NC-ND 3.0 IGO) (creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode) e pode ser reproduzida com atribuição ao BID e para qualquer finalidade não comercial. Nenhum trabalho derivado é permitido.

Qualquer controvérsia relativa à utilização de obras do BID que não possa ser resolvida amigavelmente será submetida à arbitragem em conformidade com as regras da UNCITRAL. O uso do nome do BID para qualquer outra finalidade que não a atribuição, bem como a utilização do logotipo do BID serão objetos de um contrato por escrito de licença separado entre o BID e o usuário e não está autorizado como parte desta licença CC-IGO.

Note-se que o link fornecido acima inclui termos e condições adicionais da licença.

As opiniões expressas nesta publicação são de responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente a posição do Banco Interamericano de Desenvolvimento, de sua Diretoria Executiva, ou dos países que eles representam.

BID
Banco Interamericano de Desenvolvimento

VAMOS CONSTRUIR VERDE?

Guia prático para edificações, espaços públicos e canteiros sustentáveis no Brasil

AUTORES: ESPERANZA GONZÁLEZ-MAHECHA, LIVIA MINOJA, LUCAS ROSSE CALDAS, CLÉMENTINE TRIBOUILLARD

BID
Banco Interamericano de Desenvolvimento

VAMOS CONSTRUIR VERDE?

Guia prático para edificações, espaços públicos e canteiros sustentáveis no Brasil

AUTORES: ESPERANZA GONZÁLEZ-MAHECHA, LIVIA MINOJA, LUCAS ROSSE CALDAS, CLÉMENTINE TRIBOUILLARD

Autores:
Esperanza González-Mahecha (CCS/CSD)
Livia Minoja (SCL/SCL)
Lucas Rosse Caldas (COPPE/UFRJ)
Clémentine Tribouillard (HUD/CBR)

Revisores:
Arturo Alarcón (INE/ENE)
Vanessa Callau Ferreira (CSD/CCS)
Carlos Henriquez Cortez (INE/INE)
Laura Vargas López (INE/WSA)

Revisora final:
Ophélie Chevalier (CSD/HUD)

Editor:
Duo Design

Qual material escolher para esses bancos públicos?

Como poderíamos reutilizar as águas cinzas do prédio?

Como construir escolas que sejam bem iluminadas e refrigeradas, mas gastem menos energia?

SUMÁRIO

6 **ANTES DE TUDO:** por que é tão importante que as construções sejam verdes?

9 **CONSTRUÇÃO VERDE**
10 **A.** ONDE COMEÇA A SUSTENTABILIDADE
10 Definição da construção verde
10 Concepção do projeto arquitetônico
11 Perspectiva sistêmica
11 Abordagem do ciclo de vida
12 Processo de projeto integrado
12 Arquitetura bioclimática
13 Conforto dos usuários
14 Equipe multidisciplinar
15 **B.** ANÁLISE DO TERRENO
15 Estudo das condições climáticas e microclimáticas
16 Análise de risco de desastres e mudanças climáticas

17 **EDIFICAÇÕES VERDES**
19 **A.** ENERGIA
20 Eficiência energética: soluções tecnológicas passivas
36 Eficiência energética: soluções tecnológicas ativas
39 Eficiência energética: comportamento dos usuários
40 Energia renovável no site
48 **B.** ÁGUA
49 Medição individualizada de água
50 Aparelhos economizadores de água
51 Aproveitamento de águas pluviais
52 Reuso de água cinza
54 **C.** MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO
54 Conservação de materiais
56 Materiais ecológicos
63 Gestão e redução dos desperdícios
65 **D.** ETIQUETAGENS E CERTIFICAÇÕES

67 **ESPAÇOS URBANOS PÚBLICOS**
68 **A.** PROJETO DE ESPAÇOS PÚBLICOS
69 **B.** CIDADE-ESPONJA
69 Conceito da cidade-esponja
72 Elementos da cidade-esponja
81 **C.** OUTROS ESPAÇOS PÚBLICOS
81 Parklets
82 Ciclovias
83 **D.** OUTROS ELEMENTOS SUSTENTÁVEIS
83 Pavimentação de materiais reciclados
87 Mobiliário
90 Iluminação
92 **E.** CERTIFICAÇÕES

93 **CANTEIROS DE OBRAS**
95 **A.** GESTÃO DA QUALIDADE
96 **B.** CONSUMO DE RECURSOS NATURAIS E MATERIAIS
96 Consumo de recursos naturais
97 Consumo de materiais
98 **C.** GESTÃO DE FORNECEDORES
99 **D.** GESTÃO DA POLUIÇÃO E IMPACTOS AMBIENTAIS
99 Gestão de resíduos da construção e demolição
102 Outros impactos ambientais
103 **E.** INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS E NOVAS TECNOLOGIAS

105 **DO ÂMBITO LOCAL À CIDADE:** reflexões finais

108 **PARA QUEM QUISER SABER MAIS**
109 **A.** 10 PUBLICAÇÕES DO BID
112 **B.** NOSSAS MELHORES RECOMENDAÇÕES

115 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANTES DE TUDO:
por que é tão importante que as construções sejam verdes?

O Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), junto com outros bancos multilaterais, tem se comprometido a enfrentar as mudanças climáticas, aumentando o financiamento destinado a ações de mitigação e de adaptação. Em particular, o grupo BID estabeleceu como meta, para o ano 2020, atingir 30% do financiamento, incluindo empréstimos, garantias, subsídios de investimentos, cooperações técnicas e operações de capital, em projetos de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Ao mesmo tempo, como parte da nova Agenda de Desenvolvimento Sustentável, no ano 2015, os líderes do mundo adotaram um conjunto de objetivos globais, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), no intuito de erradicar a pobreza, proteger o planeta e assegurar prosperidade para todas as pessoas.

Nesse contexto, em 2019, o BID lançou o documento *Atributos y marco para la infraestructura sostenible* [1][*1], que reconhece a infraestrutura como base essencial para alcançar tanto os ODS quanto as metas estabelecidas no Acordo de Paris. O tema de infraestruturas sustentáveis permeia a nova Estratégia País do Banco com o Brasil para o período 2019-2022, adotada em agosto de 2019, considerado um eixo transversal fundamental. A carteira atual do BID no Brasil é composta de mais de 80 operações, as quais, em sua maioria, incluem obras de construção civil, tais como: habitação, equipamentos públicos, rodoviárias, corredores de transporte, escolas, hospitais e edifícios públicos.

*1 O marco reporta 4 atributos: sustentabilidade econômica e financeira, sustentabilidade ambiental e resiliência climática, sustentabilidade social e sustentabilidade institucional. O foco deste guia é o atributo ambiental e a resiliência climática.

No caso particular da indústria da construção, sabe-se que ela globalmente é uma das fontes mais importantes de consumo de energia e emissões. O mais recente relatório da *Global Alliance for Buildings and Construction* aponta que o setor de edificações e construção no mundo é responsável por 36% da energia final e 39% das emissões de CO_2, das quais 11% correspondem à fabricação de materiais como aço, cimento e vidro[2]. Portanto, é fundamental que profissionais do setor adquiram novos conhecimentos e desenvolvam práticas profissionais de sustentabilidade ambiental que se vejam refletidas na diminuição do consumo de energia tanto na fase de construção das edificações quanto na fase de operação.

Embora existam diversas organizações no Brasil que promovem a inovação e a sustentabilidade, como o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), além de órgãos oficiais que promovem a eficiência energética, como o Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (PROCEL), só para citar alguns, o campo de ação em torno de construções verdes ainda é grande e bastante promissor.

Este guia é resultado de uma colaboração entre a Divisão de Habitação e Desenvolvimento Urbano (CSD/HUD), a Divisão de Mudanças Climáticas (CSD/CCS) e a Unidade de Infraestrutura Social (INE/INE) do BID. Foram incorporados ao material deste guia os conhecimentos trocados durante o seminário 'Construção Verde no Brasil: Edificações e Espaços Públicos Sustentáveis' (ocorrido em Brasília, em julho de 2019), o qual contou com a participação de especialistas dos setores público, privado e da academia.

Este guia visa simplificar o acesso de gestores públicos e privados a soluções concretas para incorporar elementos de sustentabilidade em construção civil, aplicáveis em uma vasta gama de projetos, desde edificações até espaços públicos. Quais tecnologias existem para economizar água num apartamento? Quais técnicas podem ser utilizadas para poupar energia num centro administrativo? Como um estacionamento pode servir para melhorar a drenagem das chuvas? Como melhor administrar um canteiro de obra para reduzir seu impacto ambiental? Essas são algumas das perguntas a que este guia poderá responder.

O guia não pretende trazer um conhecimento aprofundado sobre cada técnica, metodologia, tecnologia ou ferramenta para transformar sua obra em uma construção mais verde. A proposta é trazer ao leitor, não necessariamente especialista no tema, um panorama das possibilidades. Esse panorama não é exaustivo, até porque, felizmente, o setor evolui muito rapidamente e se beneficia de inovações de maneira constante – ele representa uma seleção básica a título de introdução e sensibilização sobre o tema. Sempre que possível, são apresentados exemplos concretos de casos bem-sucedidos, principalmente no mercado brasileiro e referências bibliográficas para que cada um possa aprofundar no tema de particular interesse. Quando existem, as normas brasileiras também estão referenciadas.

Esses conhecimentos poderão ser aplicados em várias etapas do ciclo de um projeto. Na fase inicial de preparação, quando se concebe o conjunto de intervenções e se elaboram os primeiros orçamentos estimativos, é importante ter uma visão geral das opções disponíveis no mercado e orientar o projeto até a sustentabilidade ambiental. Na fase avançada de preparação e/ou na fase inicial de execução, quando se elaboram os estudos básicos e executivos das intervenções, este guia será útil para elaborar Termos de Referência (TDR) e incluir desde diretrizes e elementos de construção ecológica, até tecnologias ou materiais específicos (por exemplo, se existir uma oportunidade particular, como a presença de uma fábrica local de piso reciclado no bairro da intervenção, ou a existência de uma rede de empresas credenciadas com um selo verde local no município etc.). Após a etapa de projetos, quando o programa entrar na fase de obras, os TDR também poderão integrar os conceitos de gestão do canteiro de obra.

O primeiro capítulo introduz os conceitos básicos de construção verde. O segundo capítulo apresenta algumas soluções específicas para edificações, de uso residencial, comercial ou serviços. Salienta-se que as soluções incluídas consideram o ciclo de vida da edificação, em particular as fases de construção e de operação. O terceiro capítulo propõe algumas opções para incluir elementos de sustentabilidade ambiental em obras de espaços públicos, não necessariamente vinculadas à construção de edificações, como praças, ruas, parques etc. O último capítulo se refere ao canteiro de obra, já que sua organização e seus procedimentos também impactam de maneira muito importante no nível de sustentabilidade e pegada ambiental. Assim, o conjunto de soluções apresentadas abrange boas práticas que reduzirão os impactos ambientais, incluindo, em alguns casos, a redução de emissões de CO_2. Vale a pena salientar que ao longo do documento foram também elencadas soluções baseadas na natureza (SbN) tanto para edificações quanto para espaços urbanos públicos.

Finalmente, gostaríamos de agradecer aos seguintes especialistas do BID por terem se disponibilizado para revisar o documento, comentá-lo e incluir sugestões para o aprimoramento dele: Arturo Alarcón (INE/ENE), Carlos Alberto Henriquez (INE/INE), Vanessa Callau Ferreira (CSD/CCS), Ophélie Chevalier (CSD/HUD), Laura Vargas Lopez (INE/WSA), Daniela Zuloaga (VPS/ESG), Juliana Almeida (CSD/CCS).

Vamos construir verde?
Boa leitura!

CONSTRUÇÃO
VERDE

A ONDE COMEÇA A SUSTENTABILIDADE

Definição da construção verde

Segundo o Conselho de Edifícios Verdes dos Estados Unidos (USGBC, conforme sigla em inglês), a "Construção verde é um conceito holístico que começa com a compreensão de que o ambiente construído pode ter efeitos profundos, positivos e negativos, no ambiente natural, bem como nas pessoas que habitam os edifícios. A construção verde é um esforço para expandir os efeitos positivos e mitigar os negativos ao longo de todo o ciclo de vida de um edifício".

Adicionalmente, o USGBC resume o que outras fontes usam em suas definições de construção verde "planejamento, projeto, construção e operação de edifícios que consideram questões- chave: uso de energia, uso da água, qualidade ambiental interna, seção de materiais e efeitos do edifício no seu site".

O Conselho Mundial do Edifício Verde (World GBC, conforme sigla em inglês) define construção verde como "um edifício que, em seu desenho, construção ou operação, reduz ou elimina impactos negativos e pode criar impactos positivos no nosso clima e ambiente natural. Os edifícios verdes preservam recursos naturais preciosos e melhoram nossa qualidade de vida".

O World GBC elenca as seguintes características de um edifício verde:

- Uso eficiente de energia, água e outros recursos;
- Uso de energia renovável, como a solar;
- Medidas para reduzir a poluição e os resíduos assim como para habilitar a reutilização e reciclagem de materiais;
- Qualidade do ar no ambiente interno;
- Uso de materiais não tóxicos, éticos e sustentáveis;
- Consideração do meio ambiente durante o projeto, a construção e operação;
- Consideração da qualidade de vida dos ocupantes durante o projeto, a construção e operação;
- Desenho que permita a adaptação a um ambiente em transformação.

Concepção do projeto arquitetônico

Convencionalmente, após a fase de planejamento, o processo de construção envolve etapas que vão desde uma conceituação inicial, passando por uma fase de pré-projeto (concepção), projeto, licitação/aprovação, construção, e termina na ocupação.

Todavia, no intuito de incluir sustentabilidade no projeto, é preciso uma abordagem de ciclo de vida, a qual deve ser considerada desde o início. Comparados a um projeto convencional, alguns elementos adicionais devem ser analisados, como por exemplo: o consumo de energia e recursos, os sistemas construtivos e a sua funcionalidade, bem como a correlação entre a localização do edifício (incluindo clima e microclima) e os elementos de desenho (orientação, aproveitamento da luz e ventilação natural, atividades dos ocupantes, entre outros.

Consequentemente, uma abordagem integral começa pela fase de pré-projeto, na qual se definem objetivos, estratégias e resultados esperados. Um edifício já desenhado com o pensamento em sustentabilidade desde a fase inicial será muito mais eficiente (em termos de desempenho e economia) do que um em que se adicionem medidas isoladas.

Perspectiva sistêmica

Um sistema é um conjunto de partes que interagem em uma série de relações e formam um todo que serve a propósitos específicos. Assim, devemos entender as edificações como um sistema complexo e não apenas como a soma de componentes isolados. Os elementos individuais que compõem um edifício interagem entre eles, e cada um deles pode impactar o sistema. Portanto, pelo fato de um edifício ser uma unidade integral, o alcance de resultados eficientes advém da coordenação e coerência entre as medidas aplicáveis.

A escolha de uma estratégia pode resultar no sucesso ou no fracasso do projeto inteiro, já que uma medida pode ser benéfica para um aspecto, mas prejudicial para outro. Por exemplo, grandes superfícies envidraçadas podem ser benéficas para reduzir a necessidade de iluminação artificial durante o dia, mas são pouco indicadas para reduzir a dependência de sistemas de ar-condicionado, principalmente em regiões de clima quente. É por essa razão que, para trazer coerência entre as estratégias escolhidas, é necessário que uma equipe multidisciplinar analise o todo, a edificação e seus componentes.

Abordagem do ciclo de vida

Os resíduos de construções e demolições representam até 70% dos resíduos sólidos produzidos pelas cidades brasileiras médias e grandes [3]. A indústria da construção é globalmente uma das fontes mais importantes de poluição, pois consome 36% da energia global e produz 39% das emissões de CO_2 [2]. Para reduzir esses impactos, é importante que se planeje desde a fase de concepção e que se considerem todas as etapas do ciclo de vida do projeto.

O ciclo de vida de uma obra de construção leva em conta não somente a fase de operação, mas também as fases de projeto, extração das matérias-primas, manufatura, transporte, construção, manutenção, renovação, demolição e tratamento de resíduos (reciclagem ou disposição final). Para cada uma das fases do ciclo de vida, é possível que se quantifiquem diversos impactos, incluindo os provocados pela quantidade de energia gerada e logo demandada para atender a diversos usos finais, assim como impactos ambientais, incluídas as emissões de CO_2. Essa informação permite determinar as medidas ambientais mais adequadas para minimizar os impactos negativos (e maximizar os positivos) durante cada etapa do ciclo de vida.

Fases do ciclo de vida da uma edificação

Fonte: Elaboração própria.

Processo de projeto integrado

Projeto integrado refere-se a um processo interdisciplinar para o desenho e a operação de ambientes construídos de forma sustentável. Ele é baseado nos princípios da abordagem sistêmica e do ciclo de vida.

Durante um processo de projeto tradicional, o plano do arquiteto passa pelos especialistas (engenheiros estruturais, elétricos, hidráulicos, ambientais, desenhadores de interiores, paisagistas, entre outros) que trabalham de forma independente, cada um na sua disciplina. Durante um processo de projeto integrado, todos os profissionais da equipe multidisciplinar trabalham juntos, em colaboração e em coordenação, desde o início, olhando o projeto em sua totalidade.

O conceito do processo de projeto integrado é essencial para alcançar padrões de sustentabilidade e eficiência energética na arquitetura. Com essa óptica, o emprego do *Building Information Modeling* (BIM), em especial o Green BIM, vem se tornando uma prática cada vez mais importante e necessária nesse tipo de processo, pois permite que um mesmo modelo virtual da edificação seja utilizado por diversos projetistas. O Green BIM corresponde a um processo baseado em um modelo de geração e manejo de dados de construção, coordenado e consistente, durante o ciclo de vida do projeto [4]. Os programas BIM permitem a detecção automática de não compatibilidades, a parametrização e a otimização de diferentes soluções para ter um projeto mais sustentável. É possível realizar análises de eficiência energética, previsão de consumo de água e emissões de CO_2 ainda nas fases iniciais do projeto, de modo que se otimizem os custos de construção e os futuros custos operacionais do edifício.

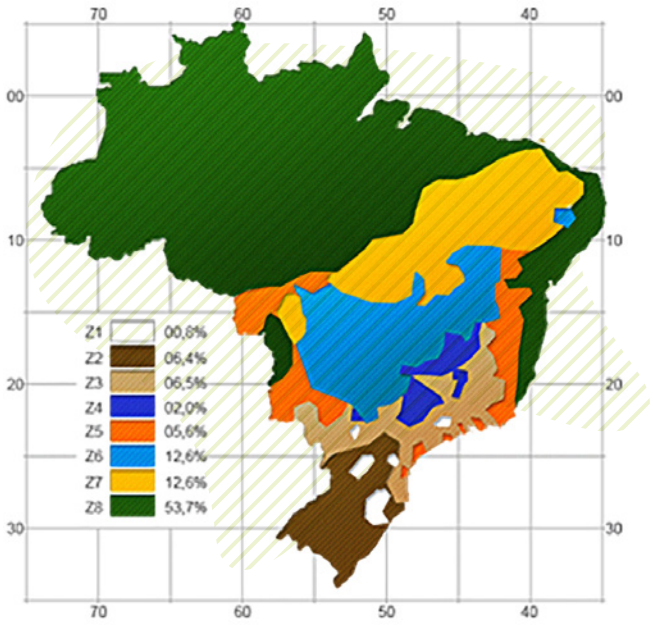
Arquitetura bioclimática

A arquitetura bioclimática, também chamada de ecoarquitetura, arquitetura sustentável, ou arquitetura verde, toma em consideração as condições do local para harmonizar a construção com o meio ambiente e beneficiar-se dos aspectos positivos do entorno. Dessa forma, busca tirar proveito do clima e dos recursos naturais disponíveis (sol, vegetação, topografia, chuvas, ventos). Ao mesmo tempo, busca proteger a edificação de aspectos que podem ser negativos, reduzindo impactos ambientais, como os provocados pelo consumo de energia, por exemplo.

Assim, considerar a luz solar, o perfil das correntes de ar, e a vegetação do local do projeto da edificação, além de gerar conforto térmico, aumenta a eficiência energética das edificações e reduz impactos ambientais e custos de operação. Portanto, o passo inicial para elaborar um projeto bioclimático é estudar cuidadosamente as condições ambientais de cada local e seu entorno.

Zoneamento bioclimático brasileiro

Fonte: [5]



A norma ABNT NBR 15220-3:2005 contém o Zoneamento Bioclimático Brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social [5]. O território brasileiro foi dividido em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima. Conforme cada zona bioclimática, a norma propõe estratégias relacionadas com a abertura para ventilação e sombreamento, vedações externas e estratégias de condicionamento passivo. Outras orientações técnicas específicas podem ser encontradas no Manual de Orientação Técnica de CAIXA/UNDP/BRE [6].

ELEMENTOS A CONSIDERAR NA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA:

- Latitude
- Dados climáticos do local
- Orientação, forma e volume da construção
- Ventilação natural e renovação do ar
- Infiltração de ar
- Eficiência térmica da envoltória (muros, fachadas, pisos, portas e janelas)
- Eficiência térmica da envoltória (muros, fachadas, pisos, portas e janelas, coberturas)

Conforto dos usuários

A provisão de um ambiente interno confortável é uma das principais demandas que precisam ser atendidas pelas edificações. A qualidade do ambiente interno (definida por seus eixos principais: higrotérmica, acústica e visual) é crítica porque impacta a saúde dos ocupantes do edifício, assim como é importante para o bem-estar e a produtividade deles. A norma de desempenho NBR 15.575 agregou em seu conteúdo uma extensa relação de normas já existentes que inclui tópicos sobre segurança, habitabilidade (desempenho térmico, acústico, lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico) e sustentabilidade (durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental) [7].

A adaptação de um projeto de construção ao seu clima e contexto local ajuda a melhorar, de forma passiva, os níveis de conforto dos usuários, especialmente em termos de sensação térmica e condições visuais.

CONFORTO HIGROTÉRMICO

O conforto higrotérmico significa ausência de desconforto térmico, o que geralmente se consegue com temperaturas que variam entre 18°C até 26°C e 40% até 65% de umidade relativa. Adicionalmente, o conceito incorpora outros fatores que influenciam o clima interno das edificações, quais são movimento do ar, temperatura radiante média e temperatura operativa.

Para alcançar um nível ótimo de conforto térmico é necessário realizar um estudo dos fatores condicionantes que determinam todas as variáveis capazes de afetar o meio ambiente e escolher a melhor estratégia para obter isso.

Em edificações passivas, as características do projeto arquitetônico respondem às condições climáticas para garantir conforto aos usuários. Em edificações aquecidas e/ou resfriadas, a operação dos sistemas de calefação ou condicionamento fornece as características de conforto. Uma simulação das condições pode ajudar na determinação da demanda de energia da edificação, o que facilita o dimensionamento eficiente do equipamento de ar-condicionado.

CONFORTO ACÚSTICO

O conforto acústico é muito importante para estudar, trabalhar e, obviamente, dormir. O ruído excessivo prejudica a saúde humana. A norma ABNT NBR 15575:2013 rege o isolamento acústico adequado das vedações externas, no que tange aos ruídos provenientes do exterior da edificação e ruídos de impacto (devido à movimentação de objetos e pessoas), assim como o isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas e entre áreas privativas de unidades autônomas diferentes.

CONFORTO VISUAL

O conforto visual é geralmente definido por um conjunto de critérios baseados no nível de luz em uma sala, no balanço de contrastes, na 'temperatura' da cor e na ausência ou presença de brilho. As principais métricas se concentram em:

- Quantidade de luz natural ao longo do ano: o potencial de um edifício e sua localização para fornecer luz do dia suficiente aos ocupantes. Isso geralmente é avaliado através da autonomia da luz do dia ou da iluminação útil da luz do dia.
- Distribuição da luz percebida pelo olho: se um espaço é muito brilhante ou muito contrastante.

Equipe multidisciplinar

Para obter sucesso na inclusão de critérios de sustentabilidade num projeto é importante ter uma equipe multidisciplinar que inclua: engenheiros de várias ramas (e.g. civis, eletricistas, ambientais), arquitetos, especialistas em arquitetura bioclimática e sustentabilidade, e instaladores qualificados de tecnologias verdes.

Os profissionais serão guiados pelas diretrizes da construção verde, conforme o projeto vai se desenvolvendo. Por meio dessa abordagem, todos os membros da equipe podem compartilhar conhecimentos especializados e coordenar seus esforços individuais para planejar um edifício integrado que funcionará adequadamente.

Fonte: Shutterstock.

B ANÁLISE DO TERRENO

Um planejamento e um projeto sustentáveis não impõem o desenho do edifício ao seu entorno. Ao contrário, identificam as características ecológicas do local e estudam maneiras de integrar o edifício às condições existentes, no intuito de diminuir o impacto ambiental da atividade humana. Usam características naturais para melhorar o conforto e a saúde humana e, potencialmente, produzir uma parcela da energia necessária para o funcionamento do edifício. Por isso, é fundamental realizar estudos detalhados das características locais.

Estudo das condições climáticas e microclimáticas

A arquitetura que responde ao clima analisa diversos fatores para projetar edifícios confortáveis e eficientes do ponto de vista do consumo dos recursos naturais. Dentre os padrões locais que podem ter influência no desenho e operação de um edifício, destacam-se:

- Latitude geográfica
- Dados de temperatura e umidade
- Radiação solar e insolação
- Ventos predominantes e locais
- Quantidade de precipitações e nuvens
- Topografia local
- Vegetação endêmica
- Características das águas subterrâneas e do escoamento superficial
- Textura do solo, sua capacidade de infiltração e capacidade de carga
- Forma, acesso e logística
- Altura das edificações adjacentes
- Possíveis desenvolvimentos futuros

A arquitetura responsiva ao clima estuda todos esses fatores para projetar edifícios confortáveis e eficientes do ponto de vista do consumo dos recursos naturais.

Fonte: Shutterstock.

Análise de risco de desastres e mudanças climáticas

No intuito de aumentar a resiliência da infraestrutura é chave considerar o risco de desastres e as mudanças climáticas. Em termos gerais, o risco de desastres implica a interação de três componentes: a ameaça, a exposição e a vulnerabilidade. A ameaça se refere a fenômenos de origem natural (ameaças geofísicas como terremotos e deslizamento de terra e ameaças por clima, como incêndios, furacões, inundações, ondas de calor e secas). A exposição se refere à coincidência espacial e temporal de pessoas e ativos (tanto físicos como ambientais, e.g. uma edificação) e as ameaças naturais. A vulnerabilidade é o potencial de se ver afetado por ameaças naturais. O risco de desastres e mudanças climáticas pode ser entendido então como a coexistência entre uma ameaça e um ativo que não só está exposto e, além disso, vulnerável a ser danificado. Os desastres são a materialização do risco. As mudanças climáticas poderiam ser consideradas um fator de alteração (ou até exacerbação) do risco de desastre. Perante a crescente preocupação dos impactos dos riscos e das mudanças climáticas, o banco conta com uma metodologia que auxilia na sua integração nas fases de preparação e implementação do projeto no intuito de aumentar sua resiliência.*II

*II **Para mais detalhes,** consultar guia Disaster and Climate Risk Assessment Methodology for IDB Projects.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
CONCURSO MUNDIAL DE MORADIAS RESILIENTES, 2018

No ano 2018, o Banco Mundial, Build Academy, Airbnb e a '*Global facility for Disaster Reduction and Recovery*' (GFDRR) realizaram um concurso de projeto de moradias mais resilientes, modulares e acessíveis. O desafio foi lançado para arquitetar uma edificação sob três diferentes cenários: **a)** Terremotos e tormentas tropicais com velocidades do vento acima de 250km/hr; **b)** Terremotos de mais de 7.0 da escala Ritcher que resultam em deslizamentos, e **c)** Tormentas tropicais com velocidades do vento de mais de 250km/h com inundações. O orçamento estipulado foi até US$ 10.000. Os 12 projetos ganhadores e seu detalhamento podem ser consultados no site do Banco Mundial [8].

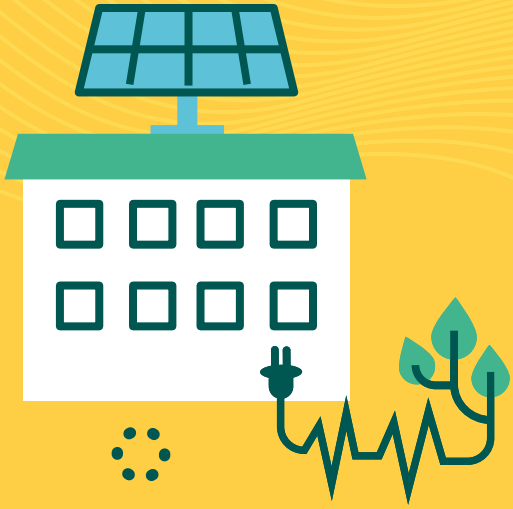
O design proposto é elevado do solo a fim de resistir a inundações. O bambu, material usado neste projeto, é naturalmente flexível. As juntas reforçadas e o material fazem com que a edificação seja resistente a sismos e ventos de furacões [8].

Projeto proposto para o cenário a (Team KZ Architecture)

Fonte: [8]

01

EDIFICAÇÕES VERDES



As páginas seguintes trazem fichas técnicas de soluções tecnológicas atualmente disponíveis no mercado brasileiro para serem incorporadas nas edificações. Esta seção não pretende ser exaustiva, pois o mercado de tecnologia verde está em constante e rápida evolução.

É importante enfatizar que (i) a seleção de uma ou outra tecnologia está atrelada a estudos específicos sobre clima, local, orçamento, entre outros; (ii) o uso dessas soluções tecnológicas (passivas e ativas) requer coordenação e coerência entre as escolhas, já que uma medida pode ser benéfica para um aspecto e contraproducente para outro; (iii) uma edificação é uma unidade, que deve ser planejada de forma integral, e não como um agregado de medidas independentes e isoladas.

Por isso, é sempre necessária a avaliação do projeto por uma equipe multidisciplinar especializada, que veja o projeto e as medidas sugeridas para ele como um sistema integrado, para atender às necessidades dos clientes, e também adequado às condições climáticas locais.

As estratégias apresentadas neste guia centram-se principalmente em três grandes aspectos: (i) a redução do consumo energético e implementação de sistemas de energia renovável nos edifícios; (ii) a redução do consumo e o reuso da água; e (iii) a escolha de materiais sustentáveis.

Fonte: Shutterstock.

A ENERGIA

No Brasil, o setor de edificações (residenciais, comerciais e públicos) consome 48,5% da energia elétrica [9]. A energia é utilizada para atender aos usos finais de cocção, iluminação, aquecimento de água, condicionamento de espaços, conservação de alimentos, entre outros.

Para abordar o tema da energia nas edificações, é importante trabalhar primeiro na eficiência energética do edifício, para diminuir a energia demandada, e segundo, avaliar a possibilidade de implementação de sistemas de energia renovável no prédio, para satisfazer à demanda restante.

Para diminuir o consumo energético nas edificações, existem três tipos de estratégias:

- **Soluções passivas de desenho:** são aquelas aplicadas ao projeto arquitetônico (envoltório) a fim de aproveitar ao máximo as características do ambiente em que o edifício está inserido, em busca de minimizar a necessidade de consumo de energia, especialmente para calefação, acondicionamento e iluminação.
- **Soluções ativas:** uma vez que o edifício tenha sido trabalhado passivamente para reduzir a demanda de energia pelo aproveitamento das características do contexto, ele pode ser equipado com tecnologias eficientes energeticamente (iluminação, aparatos, sistemas de acondicionamento etc.).
- **Sensibilização de usuários:** além da infraestrutura, é possível implementar estratégias de sensibilização do uso da energia para mudar o padrão de comportamento dos usuários.

Trabalhados os aspetos anteriores, é possível considerar a incorporação de sistemas oriundos de energia renovável no site.

Edifício altamente eficiente energeticamente

Eficiência energética: soluções tecnológicas passivas

O primeiro passo para lograr edifício altamente eficiente energeticamente consiste na aplicação de estratégias passivas de desenho. As seguintes fichas técnicas apresentam muitos dos aspetos principais que devem ser considerados para o desenho de edifícios baseados na arquitetura bioclimática, salientando que não se pretende abranger todos os elementos possíveis.

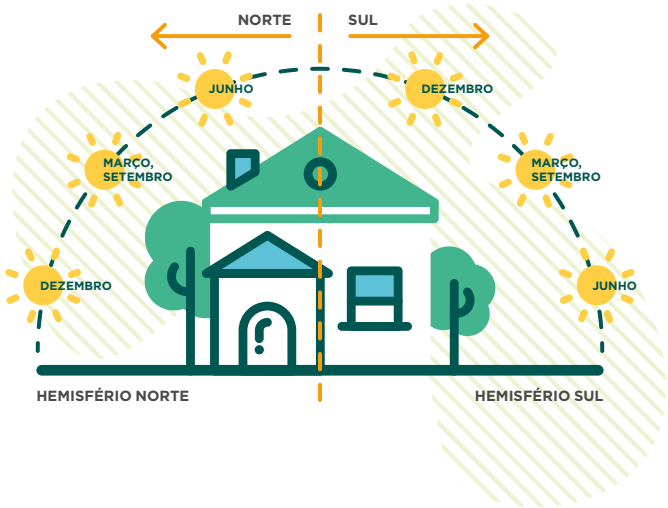
A ORIENTAÇÃO DO EDIFÍCIO

O que é?

As edificações verdes selecionam criteriosamente a orientação das fachadas dos edifícios, para aproveitar ao máximo os fatores positivos e minimizar os fatores negativos da localização e do clima. Uma orientação bem selecionada pode ter um efeito de até 70% na demanda de energia do edifício.

Orientação do edifício

Fonte: Elaboração própria.



Quando convém utilizar essa solução?

Sempre convém estudar a orientação do edifício e aplicar seus resultados de acordo com as possibilidades de orientação que o terreno escolhido para a construção oferece.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Maior eficiência e conforto térmico.
- Melhor iluminação natural nos ambientes.
- Menor demanda de energia para condicionamento de espaços.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Em lotes urbanos com alta densidade, as possibilidades de trabalhar na orientação podem ser bastante reduzidas.

Como utilizar essa solução?

Deve-se garantir que os espaços se beneficiem dessa solução de acordo com as horas em que serão utilizados e com as atividades para as quais estão planejados.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Estudar as características do site, incluindo latitude, altitude e clima local.
- Estudar o microclima e as condições ambientais do terreno onde o edifício será construído (topografia do território, vegetação, altura dos edifícios adjacentes etc.).
- Estudar a radiação solar da localização.
- Estudar o padrão de uso do prédio (horas de uso).

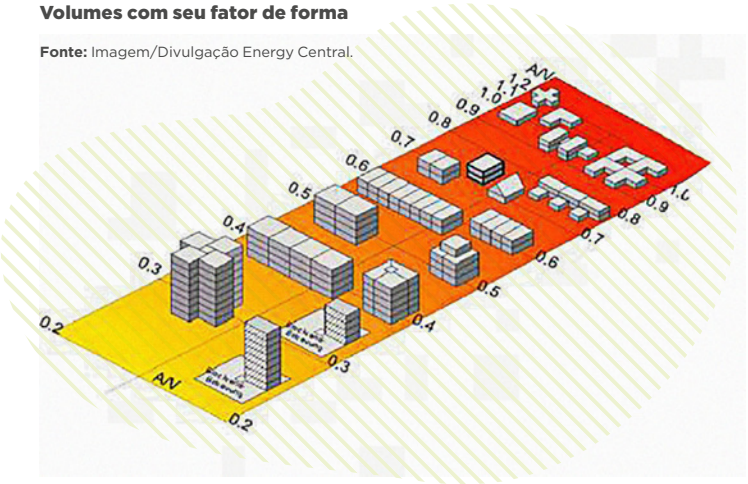
FATOR DE FORMA DO EDIFÍCIO

O que é?

A forma de uma edificação representa um fator determinante em termos de consumo de energia devido à relação entre a superfície do envoltório, o volume do edifício e o meio ambiente. A superfície do envoltório determina o limite físico da troca de calor entre o interior e o exterior. O volume do edifício determina a capacidade de armazenar energia do prédio. O fator de forma quantifica essa relação através da razão entre a superfície do envoltório do edifício e o volume que ele abriga.

Volumes com seu fator de forma

Fonte: Imagem/Divulgação Energy Central.



A otimização desse fator determina a capacidade do prédio de manter sua temperatura, reduzindo assim o consumo de energia para aquecimento ou resfriamento.

Quando convém utilizar essa solução?

Sempre convém estudar o fator de forma do edifício e atuar de acordo com as possibilidades que o terreno escolhido propicia para a construção. Em lotes urbanos com alta densidade, as possibilidades de trabalhar no fator de forma podem ser bastante restritas.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Melhoria da eficiência e conforto térmicos.
- Redução do consumo de energia para condicionamento de espaços.

Quais são as desvantagens em seu uso?

Em lotes urbanos com alta densidade, as possibilidades de trabalhar na forma da edificação podem ser muito reduzidas.

Como utilizar essa solução?

- Em regiões de clima frio, é preferível que as edificações sejam compactas, pois facilitam a conservação do calor, reduzindo as superfícies expostas ao exterior. Ou seja, o fator de forma recomendado para climas frios é entre 0,5 e 0,8.
- Em regiões de climas quentes e úmidos, edifícios espaçosos (não compactos) são uma boa solução, pois facilitam a dispersão de calor por meio da ventilação. O fator de forma recomendado para climas quentes é maior que 1,2.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Estudar as características climáticas locais.
- Estudar o microclima e as condições ambientais do terreno onde a edificação vai ser construída (topografia do território, vegetação, altura dos edifícios adjacentes).
- Estudar as legislações pertinentes, já que podem influenciar as possibilidades de trabalhar no fator de forma.
- Estudar o fator de forma em conjunto com os materiais do envoltório, já que eles também determinam os coeficientes de troca de calor do edifício.

ALTURA DO PÉ-DIREITO

O que é?

O pé-direito é uma característica arquitetônica que consiste na altura que fica entre o piso e o teto da edificação. Influencia diretamente no conforto térmico, uma vez que o ar quente é naturalmente armazenado na parte superior do ambiente e o ar frio, na parte inferior.

Fonte: Shutterstock.

Quando convém utilizar essa solução?

Sempre.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Melhoria da eficiência e do conforto térmico.
- Redução do consumo de energia para o condicionamento do ar de espaços.
- Aumento do valor da edificação (aplicável para casos onde há pé-direito alto).

Quais são as desvantagens em seu uso?

- O pé-direito alto aumenta os custos de construção pois resulta em maior volume a ser construído.
- Quando o regulamento urbano impõe uma altura máxima da edificação, quanto mais alto o pé-direito selecionado, menos pisos podem ser construídos.

Como utilizar essa solução?

- O pé-direito mais alto favorece o conforto térmico em épocas de calor ou regiões de clima quente.
- O pé-direito mais baixo melhora o conforto término em épocas de frio ou regiões de clima frio.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

É fundamental verificar a zona bioclimática, assim como as legislações pertinentes.

Fonte: Shutterstock.

VENTILAÇÃO NATURAL

O que é?

É um princípio arquitetônico básico da construção sustentável, o qual consiste em garantir a movimentação do ar nos espaços internos, sem que para isso se faça uso de sistemas mecânicos. Essa movimentação natural do ar se dá pela diferença na pressão do ar externo e interno de uma edificação.

Quando convém usá-la?

Em regiões de clima quente e úmido, e de clima temperado.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Melhoria de eficiência e conforto térmico.
- Redução do consumo de energia para condicionamento de ar dos espaços físicos.
- Melhor tratamento da qualidade do ar.
- Redução de riscos de transmissão de doenças pelo ar devido à entrada e à troca constante de ar fresco.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Em climas de temperaturas muito altas, pode dificultar a obtenção do conforto térmico dos usuários.
- Em casos que a edificação também tenha sistema de calefação ou ar acondicionado, pode ocorrer a perda de calor ou frio já que o envoltório não está selado.

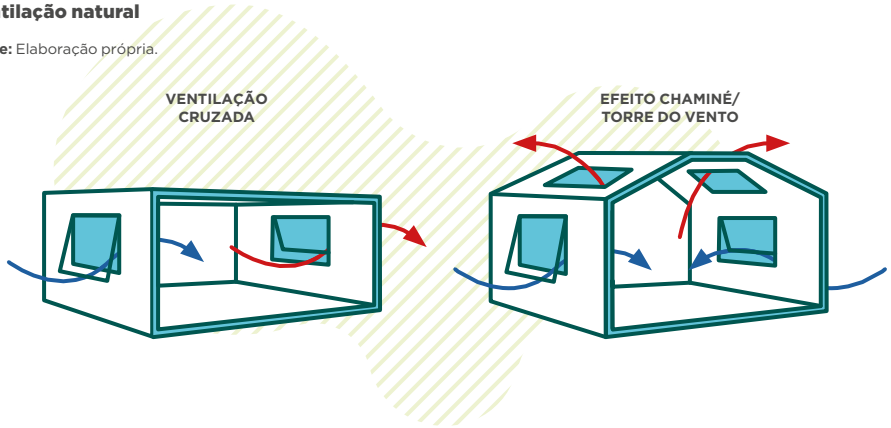
Como utilizar essa solução?

A ventilação natural é alcançada com o uso de várias técnicas, em que que as mais comuns são:

- **Ventilação cruzada:** posicionamento dos vãos seguindo a direção do vento predominante, de forma que o ar fresco entre por um lado e o ar quente saia pelo outro.
- **Efeito chaminé/torre do vento:** usa grelhas e aberturas estrategicamente posicionadas nas seções superior e inferior de uma estrutura para permitir a saída de ar quente e a entrada de ar fresco. Como o ar quente tem uma pressão mais baixa que a do ar frio, é naturalmente leve e se posiciona acima do ar frio.

Ventilação natural

Fonte: Elaboração própria.



Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?
Esta técnica é especialmente útil nas edificações em que não se prevê o uso de ventilação mecânica (calefação ou ar acondicionado), já que a eficiência energética é maior quanto mais selado seja o edifício.

Especificações técnicas e normatividade
ABNT NBR 15220-3:2005.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
JARDIM INFANTIL TIMAYUI Y LA PAZ, COLÔMBIA

Jardim Infantil Timayu y La Paz

Fonte: BID, 2019.

Os jardins de infância Timayui y La Paz, localizados na cidade de Santa Marta (Colômbia), foram construídos com orçamento limitado, o que demandava, portanto, maior criatividade no desenho do projeto, especialmente para oferecer soluções de conforto que não elevassem os custos de manutenção, como os de eletricidade.

O sistema de ventilação, do tipo torre de vento, conseguiu reduzir a temperatura entre 6 e 10 graus na hora mais quente do dia, ao passo que os espaços interiores se mantiveram grandes o suficiente para abrigar o número de crianças e professores necessários.

PROTEÇÃO/APROVEITAMENTO DO SOL

A Telhados e paredes com tintas brancas ou refletivas

O que são?

Tintas brancas ou refletivas para telhados ou paredes refletem a radiação solar reduzindo a absorção de calor das edificações. Assim, a demanda de eletricidade para resfriamento em espaços com ar condicionado é menor e o conforto térmico em espaços sem ar-condicionado é aumentado.

Quando convém utilizar essa solução?

Em regiões de clima quente ou temperado.

Fonte: Shutterstock.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Redução do consumo de energia para o ar condicionado.
- Devido à redução da temperatura da superfície do telhado e paredes, a vida útil delas também melhora.
- Facilidade de aplicação na obra.
- Proteção adicional das superfícies, com consequente diminuição da necessidade de manutenção.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Custo adicional.
- As tintas para pintura podem não ser compatíveis com os materiais do telhado ou paredes.

Como utilizar essa solução?

- É importante certificar-se a respeito da compatibilidade das tintas com os materiais dos telhados ou paredes.
- O fator-chave na refletividade solar do material do acabamento é a sua cor. Em climas quentes, um acabamento branco é ideal para maximizar a refletividade. Se um acabamento em branco não for possível, deve-se selecionar uma cor muito clara.
- No caso do Brasil, recomenda-se a cor da tinta conforme a seguinte tabela:

Cor da tinta das paredes externas

Fonte: [10]

REGIÃO	COR / ABSORTÂNCIA
Sul	Média / 0,5
Sudeste	Clara / 0,3
Centro-Oeste	Clara / 0,3
Nordeste	Clara / 0,3
Norte	Clara / 0,3

COLOCANDO EM PRÁTICA:
O PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL INTEGRADO (PDMI) DE NOVO HAMBURGO, RIO GRANDE DO SUL

O PDMI (pdminovohamburgo.com.br) é fruto de uma parceria entre a Prefeitura Municipal de Novo Hamburgo e o BID. Entre outras intervenções, permitiu construir obras chaves para a cidade, com elementos de construção verde muito interessantes. O Parque Henrique Luis Roessler, chamado pelos moradores da cidade de 'Parcão', foi inteiramente requalificado entre 2017 e 2019, o que incluiu a renovação de uma lancheria cujo telhado apresenta agora cobertura vegetal.

O Centro de Inovação Tecnológica (CIT), cuja obra está terminando em 2020, acolherá centros de pesquisa e ensino, startups e empresas da indústria criativa, e funcionará também como um laboratório para alunos da rede pública de educação. O prédio de 7,385 mil metros quadrados procurou ser sustentável, com telhado branco, aproveitamento de luz solar e água, além de paredes modulares para que se adaptem ao tamanho das empresas que se instalarem.

A lancheria do Parcão

Fonte: Prefeitura Municipal de Novo Hamburgo

O prédio do CIT

Fonte: Prefeitura Municipal de Novo Hamburgo

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

O impacto que a refletividade solar do telhado tem no consumo de energia de um edifício depende de três fatores: i) nível de isolamento térmico, ii) abordagem usada para resfriamento; e iii) eficiência do sistema de refrigeração. A refletividade solar do acabamento do telhado terá efeito reduzido à medida que os níveis de isolamento forem aumentados. Edificações com grande exposição ao sol podem não se beneficiar significativamente de acabamentos de telhado com alta refletividade.

B Sombreamento natural

O que é?

Consiste na interrupção natural da incidência dos raios solares no solo e nas edificações, reduzindo o efeito de ilha de calor. O sombreamento natural vem de árvores, arbustos e plantas trepadeiras.

Fonte: Shutterstock

Quando convém utilizar essa solução?

Em regiões de clima quente e ensolaradas, ou de clima temperado, para controlar o ganho de calor.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Melhoria da eficiência e conforto térmico.
- Redução do consumo de energia para condicionamento do ar.
- Redução das ilhas de calor.
- Aumento da biodiversidade local.
- Impacto positivo no bem-estar dos usuários.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Requer irrigação e cuidados.
- Em regiões de clima úmido, pode ocasionar formação de umidade ou proliferação de fungos nas paredes, com consequências negativas para a saúde pública.

Como utilizar essa solução?

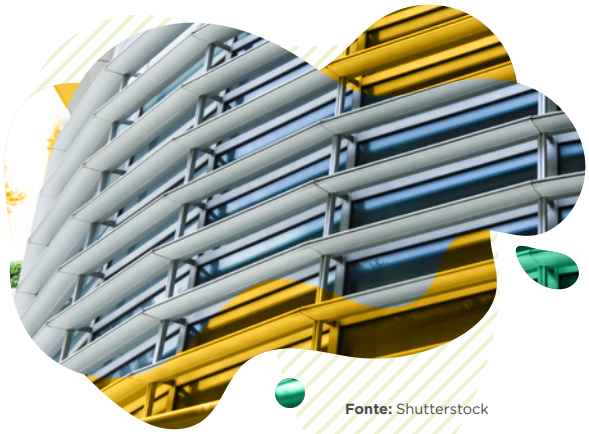
- Em regiões de clima quente, se recomenda o uso de plantas sempre verdes, que podem garantir sombreamento ao largo do ano inteiro.
- Em regiões de clima temperado (Sul do Brasil), se recomenda o uso de plantas decíduas (que perdem suas folhas no inverno) para garantir o sombreamento nas estações quentes e aproveitar a radiação solar nas estações frias.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Uma vegetação nativa reduz demandas de manutenção, irrigação e cuidado.
- Pode ser pensado de forma integrada a hortas urbanas.
- Deve-se verificar que as raízes das plantas selecionadas não causem danos às fundações das edificações.

Fonte: Shutterstock

C Dispositivos de sombreamento externos



Fonte: Shutterstock

O que são?

Trata-se de dispositivos aplicados na fachada do edifício para proteger os elementos envidraçados (janelas e portas) da radiação solar direta e, assim, reduzir o brilho e o ganho de calor solar radiante.

Quando convém utilizar essa solução?

Quando é necessário controlar o ganho de calor, especialmente em regiões de clima quente e ensolarado.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Melhoria da eficiência e conforto térmico.
- Redução do ganho de calor e, portanto, da demanda de elétrica para resfriamento.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Pode gerar custos adicionais.
- Pode reduzir a luz natural e, portanto, aumentar a necessidade de iluminação artificial.
- Pode afetar a visão externa dos ocupantes.

Sombreamentos como elementos típicos da arquitetura de Brasília

Fonte: Clémentine Tribouillard.

Como utilizar essa solução?

O sombreamento externo pode assumir a forma de:

- Dispositivos externos sólidos ou perfurados, como painéis montados na parte externa do edifício. Podem ser horizontais (como os beirais), verticais e combinados (tipicamente chamados de caixa de ovos), e suas sombras podem ser estáticas ou móveis (geralmente sob controle automatizado).
- Filme reflexivo que pode ser aplicado em vidros.
- '*Fritting*': uma vidraça arquitetônica com um padrão opaco aplicado.

Vidros com efeito Fritting

Fonte: ACME (Flickr 2019, CC BY-NC 2.0)

Todas as opções acima desviam os raios solares das vidraças do edifício, reduzindo assim o ganho solar dentro do espaço ocupado.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

A eficácia de um dispositivo de sombreamento varia dependendo da localização em direção ao equador (latitude) e da orientação das janelas. No hemisfério norte, as proteções devem ser instaladas especialmente nas fachadas voltadas para o sul, enquanto no hemisfério sul devem ser instaladas nas fachadas voltadas para o norte. Quanto maior a latitude, mais longo deve ser o beiral. Quanto mais perto do equador, mais curto, até o ponto em que no equador essa solução não é necessária (já que o movimento do sol é perfeitamente vertical em relação ao plano). No equador, a maior radiação vem do Leste e do Oeste, portanto são essas fachadas que devem ser protegidas.

ISOLAMENTO TÉRMICO EM FACHADAS E COBERTURAS

A Forro isolante

Fonte: Shutterstock

O que é?
É o material colocado na estrutura do telhado ou na estrutura das fachadas das edificações, usado para impedir a transmissão de calor do ambiente externo para o espaço interno (em temporadas do calor) e do espaço interno para o ambiente externo (em temporadas de frio).

Quando convém utilizar essa solução?
- Em temporada de calor, isolar o teto e as fachadas pode reduzir o ganho de calor.
- Em temporada de frio, isolar o teto e as fachadas reduz a perda de calor do interior e pode reduzir a necessidade de energia usada para aquecer um edifício.

Quais são as vantagens em seu uso?
- Melhoria da eficiência e do conforto térmicos.
- Redução do consumo de energia para condicionamento de ar.

Quais são as desvantagens em seu uso?
Aumento nos custos iniciais.

Como utilizar essa solução?
Diferentes tipos de isolamento estão disponíveis no mercado, e o tipo apropriado dependerá da aplicação, do custo, da disponibilidade e compatibilidade com o sistema construtivo.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?
- Antes de considerar o tipo de isolamento a ser utilizado, deve-se determinar o valor R (que representa a resistência térmica) recomendado para a área de intervenção. O valor R é o desempenho térmico máximo necessário para manter o conforto térmico desejado.
- O valor R depende do clima da zona onde está o projeto.
- Os materiais de isolamento mais comuns são fibra de vidro, celulose e espuma. Os tipos de isolamento incluem preenchimento solto, mangas, rolos, placa de espuma, placa de pulverização e barreiras de vapor.
- Dependendo do valor R necessário, é possível escolher a combinação entre espessura e tipo de material, usando outros critérios também como custo, sustentabilidade da matéria-prima, entre outros.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
REUTILIZAÇÃO DE EMBALAGENS DE TETRA PAK®
COMO ISOLANTE TÉRMICO

As embalagens de Tetra Pak® possuem em sua constituição 75% de papelão, 20% de polietileno e 5% de alumínio. Sua reutilização atenua a geração de resíduos sólidos e consequentemente os impactos ambientais e pode ajudar ao mesmo tempo a melhorar o conforto térmico nas edificações. Um estudo feito em Balsas (MA), com uso desse material como manta térmica, obteve os seguintes resultados: uma redução de 17% da temperatura do ambiente interno, às 9 horas da manhã; e uma diminuição de até 27% - horário em que se tem a radiação solar mais alta - às 13 horas (uma da tarde) [11].

Em outro estudo, em uma casa de baixa renda foram colocadas caixas de leite vazias, limpas, abertas e grampeadas uma à outra, como barreiras contra o frio e o resultado foi uma melhora no conforto térmico. Ver o vídeo[III].

Caixas de leite como isolamento térmico em residências na Serra Catarinense

Fonte: Foto / Divulgação Notiserra SC

[III] Ver youtube.com/watch?v=I5oFRH4dbpc

B Fachadas ventiladas ou fachadas de pele dupla

O que são?

Sistemas construtivos para o envoltório do edifício, que buscam o isolamento térmico e acústico, por meio da geração de uma câmara de ar entre duas peles (uma parede interior isoladora e uma parede exterior de revestimento). A câmara de ar gera um colchão térmico, devido ao "efeito chaminé", que ativa a ventilação natural eficaz, o que mantém a parede interior seca e, assim, se obtém uma grande economia no consumo de energia.

O sistema de fachada ventilada consiste basicamente nas seguintes capas:

- parede interior, na qual é possível afixar uma camada isolante e uma estrutura de ancoragem, geralmente feita de alumínio, para a parede do revestimento;
- câmara de ar;
- camada de revestimento exterior, que pode ser acabada com distintos materiais (cerâmica, pedra, metal, madeira etc.).

Quando convém utilizar essa solução?

Esse sistema é particularmente útil em edifícios de grande tamanho.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Isolamento térmico e acústico: É considerado o sistema mais eficiente para solucionar o isolamento do edifício, eliminando as pontes térmicas indesejáveis.

Nas estações quentes, a cavidade permite que o ar seja constantemente reciclado, reduzindo o ganho térmico (o ar quente escapa pela parte superior do revestimento, substituído pelo ar mais frio); enquanto nas estações frias, a cavidade na fachada ventilada causa menor dispersão do calor interno e, como tal, atua como um 'separador' entre o interior e o exterior da parede do edifício.

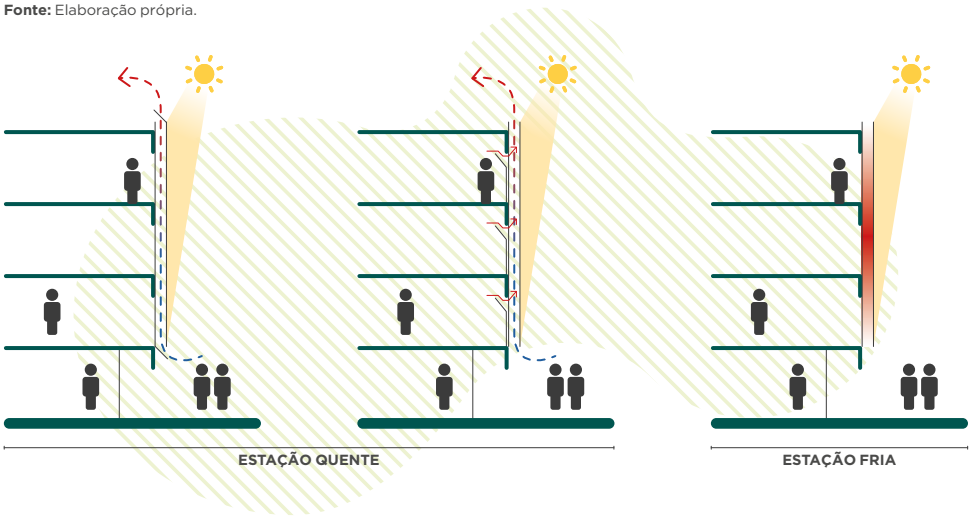
- Impermeabilização: A cavidade na fachada ventilada garante que a água nunca entre em contato direto com a parede interior, o que significa que, quando chove, apenas a superfície externa do revestimento é molhada. Isso evita que o molde úmido e uniforme se forme por dentro.
- Fácil acesso à fachada para obras de manutenção: a estrutura permite a utilização de diversos sistemas de ancoragem, o que simplifica qualquer atividade de manutenção ou reforma na fachada ou no prédio.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Custo maior do que o da fachada tradicional, principalmente devido à necessidade de duplicar a pele, agregando uma estrutura secundária adicional.
- A má instalação pode trazer consequências negativas para a saúde pública (infiltrações de umidade podem levar a problemas respiratórios pela proliferação de fungos nos ambientes) [17].

Como funcionam fachadas de pele dupla?

Fonte: Elaboração própria.

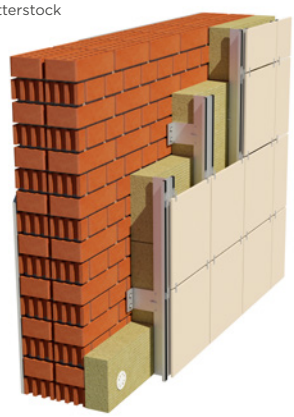


Como utilizar essa solução?

O desenho do sistema deve ser realizado por um profissional especializado.

Fachadas ventiladas

Fonte: Shutterstock



C Telhados verdes

O que são?

Também conhecidos como ecotelhados, biocoberturas ou coberturas vegetais, ou ainda telhado vivo, são depósitos de terra vegetal no topo das construções [12]. A laje, além de ser previamente impermeabilizada, precisa contar com um sistema de drenagem adequado e suficiente, além de capacidade estrutural.

As biocoberturas podem ser classificadas como extensivas ou intensivas. As primeiras apresentam substrato com espessura que varia de 2 a 20cm, e normalmente possuem baixa manutenção. As coberturas vegetais intensivas possuem substrato com espessura de 20 a 40cm (em alguns casos podem ultrapassar essa medida) e requerem mais manutenção [13].

Fonte: Shutterstock

Quando convém utilizar essa solução?

As coberturas vegetais são indicadas especialmente para telhados de edificações urbanas, onde áreas verdes são mais escassas. Do ponto de vista da eficiência energética, são mais indicadas para edificações "horizontalizadas", pois haverá maior área proporcional da cobertura em relação à área de fachada.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Isolamento acústico e térmico.
- Filtragem da água da chuva e do ar.
- Diminuição da temperatura no interior das edificações.
- Redução do consumo de energia elétrica.
- Diminuição das ilhas de calor.
- Auxílio no controle do escoamento das águas de chuva.
- Aumento da biodiversidade local.
- Possibilidade de integração com hortas urbanas.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Custo maior do que o do telhado tradicional, principalmente devido ao suporte extra necessário para lidar com o aumento da carga.
- A má instalação dos telhados pode trazer consequências negativas para a saúde pública (infiltrações de umidade podem levar a problemas respiratórios pela proliferação de fungos nos ambientes) [17].
- Requer manutenção extra.
- Possível aumento de insetos, como mosquitos, entre outros.

Como utilizar essa solução?

O desenho do sistema deve ser realizado por um profissional especializado.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Escolha de espécies adaptadas ao clima da região para que a demanda por manutenção e irrigação artificial seja mínima (xeriscaping).
- Priorização de espécies que contribuam para a agricultura urbana.
- Condições de insolação e sombreamento.
- Carga estrutural sobre a laje.
- Sistema de impermeabilização adequado.
- Manutenção adequada.
- Avaliação prévia dos ganhos trazidos pela implementação da tecnologia por simulação computacional termoenergética.
- Possibilidade de irrigação automatizada.

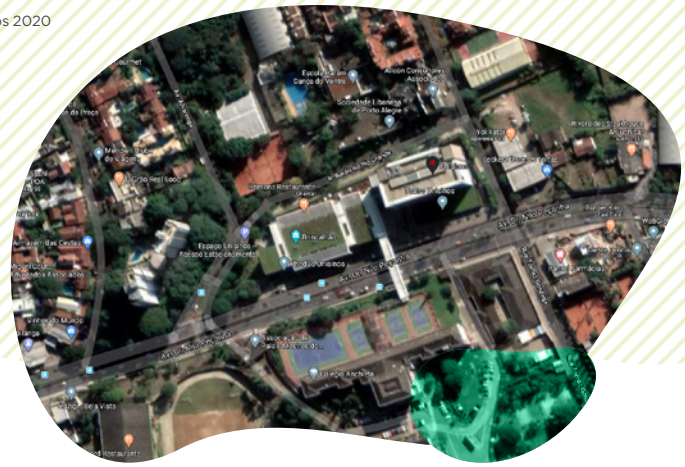
COLOCANDO EM PRÁTICA: CAMPUS UNISINOS, PORTO ALEGRE (RIO GRANDE DO SUL)

O campus Unisinos, localizado em Porto Alegre, utilizou uma cobertura vegetal para aumentar a eficiência energética da edificação. Na cobertura foram utilizadas duas especificações: o Laminar Médio e o Alveolar. Nos dois sistemas, a vegetação empregada foi o Boldo, uma planta bastante resistente, ideal para o clima local, e que adicionalmente também atrai polinizadores. No total foram instalados 2.776m² de cobertura [14].

Fachada e cobertura vegetal

Fonte: Eugenio Hansen, OFS

Fonte: Google Maps 2020



D Fachadas verdes

Fonte: Shutterstock

O que são?

Fachadas verdes com cultivo de plantas na área interna ou externa de um edifício, tanto em canteiros de sua base ou em vasos/floreiras ou por outros sistemas instalados em diferentes níveis do edifício.

Quando convém utilizar essa solução?

Podem ser instaladas em novas construções e reformas, tanto no interior das edificações como anexadas a paredes externas.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Contribuem para a redução do efeito ilha de calor, nas cidades.
- Aprimoram as condições de isolamento acústico e térmico, reduzindo o consumo de energia por calefação ou refrigeração.
- Contribuem para a melhora da qualidade do ar.
- Melhoram as características visuais das paredes e têm um impacto positivo no bem-estar dos usuários.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Elevado custo de instalação, com exclusão do caso simples das plantas trepadeiras
- Alta necessidade de manutenção.
- A má instalação pode trazer consequências negativas como excesso de umidade nos interiores das edificações.
- Possível aumento de insetos, como mosquitos, entre outros.

Como utilizar essa solução?

A tecnologia aplicável nas fachadas verticais depende do tipo de vegetação e se diferencia da seguinte forma:

- Plantas trepadeiras, que escalam usando gavinhas, hastes entrelaçadas ou ventosas, ou ainda que utilizam um suporte colocado em frente à fachada, ao longo do qual possam crescer e escalar;
- Plantas penduradas que crescem de vasos no telhado ou na varanda (essas plantas requerem mais cuidados: fertilizantes, água e proteção contra geadas);
- Jardins de fachada verde, nos quais as plantas crescem de vasos presos à fachada ou de um substrato a ela ligado.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- O tipo de clima é fundamental para a seleção de espécies vegetais que sejam adaptadas ao local, demandem manutenção mínima e pouca água para irrigação (*xeriscaping*).
- O sistema tecnológico mais adequado.
- Manutenção adequada.
- Possibilidade de irrigação automatizada.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
MUSEU CAIXA FORUM, MADRID (ESPANHA)

O jardim vertical do Caixa Forum tem 4 andares e ocupa uma parede externa, com vista para a praça. Possui 15.000 plantas de mais de 250 espécies diferentes.

A instalação da fachada inclui uma folha de poliuretano, uma malha de plástico e um cobertor não biodegradável de feltro com bolsos, usados para dar suporte às plantas e ao sistema de irrigação.

Fonte: Wojtek Gurak (Flickr, 2011, CC BY-NC 2.0)

COLOCANDO EM PRÁTICA:
CONDOMÍNIO RESIDENCIAL, FLORESTA VERTICAL, MILÃO, ITÁLIA

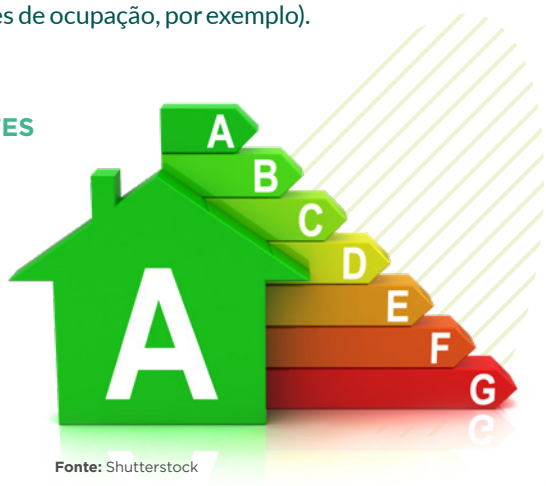
A Floresta Vertical é um edifício residencial sustentável, que busca contribuir para a regeneração do meio ambiente e da biodiversidade urbana, por meio do reflorestamento metropolitano. O primeiro exemplo da Floresta Vertical, composto de duas torres residenciais, foi instalado no centro de Milão. O Condomínio abriga 800 árvores (cada uma com 3, 6 ou 9 metros), 4.500 arbustos e 15.000 plantas de uma ampla variedade de arbustos e vegetações florais, distribuídos de acordo com a exposição solar da fachada. Em terreno plano, cada Floresta Vertical equivale, em quantidade de árvores, a uma área de 20.000 metros quadrados de floresta. Em termos de densificação urbana, é o equivalente a uma área de uma residência unifamiliar de quase 75.000m². O sistema vegetal da Floresta Vertical contribui para a construção de um microclima, produz umidade, absorve CO_2 e partículas de poeira, além de produzir oxigênio.

Fonte: Erik de Haan (Flickr, 2019, CC BY-NC 2.0)

Eficiência energética: soluções tecnológicas ativas

Além das estratégias passivas, é possível reduzir a demanda de energia com a instalação de tecnologias mais eficientes que atendem aos usos finais com um menor consumo de energia (lâmpadas LED, sistemas de ar condicionado eficiente, entre outros) ou que ajudam a reduzir o desperdício da energia devido ao mau uso (sensores de ocupação, por exemplo).

EQUIPAMENTOS E ELETRODOMÉSTICOS EFICIENTES



Fonte: Shutterstock

O que são?
Equipamentos e eletrodomésticos projetados para consumir uma quantidade ótima de energia para a realização de suas funções (iluminação, cocção, condicionamento de espaços, aquecimento de água e outros usos). O consumo desses equipamentos representa, em média, mais de 30% das cobranças nas contas de energia. Por isso seu impacto não deve ser subestimado.

Quando convém utilizar tais soluções?
Sempre.

Quais são as vantagens em seu uso?
Otimização no consumo de energia, que se traduz em uma redução nas contas de energia elétrica e gás natural.

Quais são as desvantagens em seu uso?
Os equipamentos podem ter um custo de aquisição mais elevado, na comparação com similares não eficientes.

Como escolher/dimensionar o equipamento?
O programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo INMETRO, oferece informações sobre a eficiência energética dos equipamentos. A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) classifica o produto em faixas que variam desde a mais eficiente (A) até a menos eficiente (E). No caso de eletricidade, o selo Procel indica os aparelhos com melhores níveis de eficiência. No caso de gás natural, o selo CONPET é o que identifica os equipamentos mais eficientes.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?
Os critérios de eficiência energética devem ser avaliados no momento da compra de qualquer eletrodoméstico, mas principalmente daqueles que consomem mais energia, tais como: aparelho de ar-condicionado, geladeira, freezer, chuveiros, ferros de passar roupa, máquinas de lavar, fogões etc. Recomenda-se comprar apenas os mais eficientes (faixa A).

LÂMPADAS LED

Fonte: Shutterstock

O que são?

Lâmpadas *Light Emitting Diode (LED)* são dispositivos que consumem menos energia eléctrica do que as lâmpadas convencionais.

Quando convém utilizar essa solução?

Sempre que for adequada ao tipo de projeto luminotécnico.

Quais são as vantagens em seu uso?

- A iluminação LED está entre as possibilidades de construção mais econômicas e fáceis de instalar.
- Essas lâmpadas consomem 30% menos de energia do que lâmpadas fluorescentes, 50% menos do que as lâmpadas de descarga de alta intensidade (HID, conforme sigla em inglês) e 80% menos do que as incandescentes.
- Produzem menos calor, com redução da carga de resfriamento para equipamentos de ar-condicionado e refrigeração.
- Oferecem um curto período de retorno sobre o investimento (menor que 5 anos).
- Sua vida útil é longa, o que resulta em substituições menos frequentes do as de suas concorrentes.
- Não exigem nenhuma manutenção.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Alto custo inicial.
- Algumas pessoas preferem o brilho quente das luzes incandescentes ou alógenas, embora isso possa ser resolvido usando LEDs que o emitem.

Como escolher/dimensionar o equipamento?

As lâmpadas LED diferem por temperatura de cor, nível de brilho, consumo de energia.

Especificações técnicas e normatividade

A Portaria Interministerial MME, MCTI e MDIC nº 1.007/2010 estabelece o banimento das lâmpadas incandescentes por não atingirem os níveis mínimos de eficiência (15lm/W a 19lm/W) [15].

Fonte: Shutterstock.

CONTROLES DE ILUMINAÇÃO COM DETECTORES DE OCUPAÇÃO OU SENSORES FOTOELÉTRICOS

Fonte: Shutterstock

O que são?

O consumo de eletricidade para iluminação pode ser reduzido pelo uso de sensores de ocupação, os quais evitam que luzes permaneçam acesas em espaços vazios, ou quando há iluminação natural suficiente.

Quando convém utilizar essa solução?

Os controles de iluminação são eficazes na economia de energia em edificações públicas, prédios comerciais, e educacionais, particularmente em espaços com ocupação variável durante os horários de operação do local (sala de reuniões, salão da escola, banheiros, entre outros).

Quais são as vantagens em seu uso?

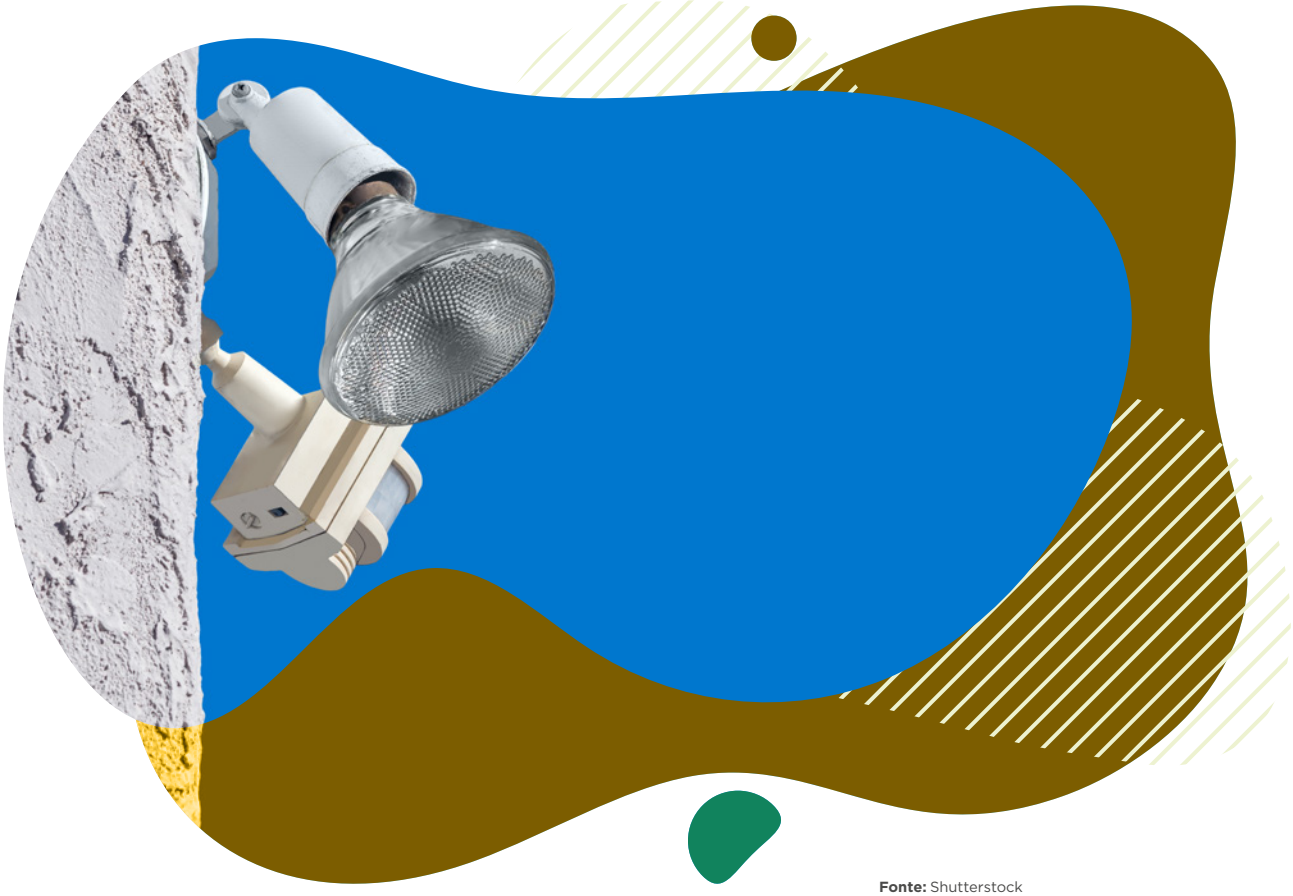
- O uso reduzido da iluminação implica menor consumo de energia.
- Sinergia com a iluminação LED, o que aumenta a economia obtida.
- Os ocupantes não precisam se preocupar em acender e desligar as luzes.

Quais são as desvantagens em seu uso?

Aumenta o custo de implantação dos sistemas de iluminação.

Especificações técnicas e normatividade

A Portaria 269 de 2017 torna obrigatório o sensor de presença em ambientes de permanência temporária [14].



Fonte: Shutterstock

Eficiência energética: comportamento dos usuários

Uma edificação verde e equipamentos eficientes não necessariamente levam a um consumo de energia mais eficiente. Os hábitos de consumo dos usuários são um dos elementos que mais têm influência no consumo de energia final. Assim, mudanças no comportamento podem trazer não só reduções no consumo de energia (eficiência energética), mas também alterações no perfil de consumo e difusão de inovações tecnológicas.

Fonte: Shutterstock

Entre os hábitos que levam à diminuição no consumo de energia estão:

- Aproveitar da luz natural.
- Desligar as luzes quando não se está no local.
- Passar a roupa de uma vez só ou não passar.
- Tampar as panelas ao cozinhar.
- Aproveitar o calor residual do forno.
- Desligar aparelhos que não estão sendo usados. O modo *stand by* também consume energia.
- Abrir a geladeira somente quando é preciso.
- Fechar as portas quando o ar-condicionado está em operação.
- O set point dos sistemas de ar-condicionado deve ser fixado para obter uma temperatura de conforto (20°C-23°C).

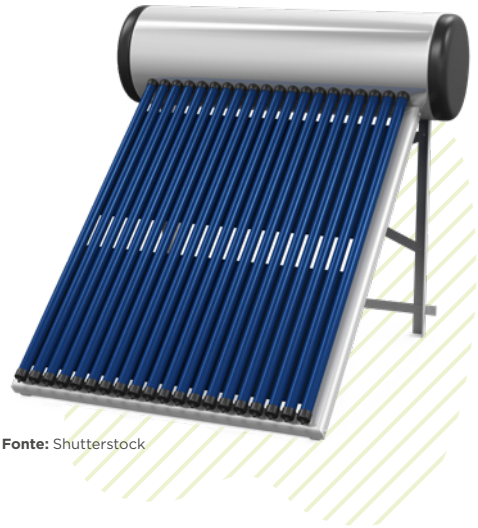
Além disso, o fato de um indivíduo ser informado de que o vizinho consome menos energia pode encorajá-lo a reduzir o próprio consumo. Também um indivíduo pode ser incentivado a instalar uma nova tecnologia na sua casa, quando observa que o seu vizinho a instalou.

Fonte: Shutterstock

Energia renovável no site

Uma vez implementadas todas as estratégias para reduzir a demanda de energia da edificação, cabe estudar a possibilidade de incorporar sistemas de energia renovável no site para responder ao restante da demanda de energia. Antes de definir o dimensionamento do sistema, é imprescindível primeiro esgotar todas as medidas de eficiência energética que podem ser aplicadas ao prédio.

AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA



Fonte: Shutterstock

O que é?

O aquecedor solar térmico é um equipamento que absorve a energia solar e a transfere por radiação para um fluido. O sistema inclui um coletor solar e tanque de armazenamento. O armazenamento existe porque a demanda, na maioria dos casos, não coincide com o período de radiação solar. É utilizado para aquecer a água do chuveiro (uma das maiores fontes de consumo de energia de edificações residenciais), a água para lavar pratos ou roupa.

Quando convém utilizar essa solução?

Principalmente nas zonas bioclimáticas do Brasil onde haja maior demanda por água quente nas edificações, como nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste [4].

Quais são as vantagens em seu uso?

- Energia oriunda de uma fonte gratuita e inesgotável.
- O aquecimento solar substitui o a gás e o elétrico, reduzindo o impacto no meio ambiente.
- Redução do consumo de energia elétrica ou de gás.
- Instalação e manutenção simples.
- O tempo de retorno do investimento é inferior a três anos.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Durante a noite, não se gera calor, por isso, dependendo do volume de água demandado, deve-se ter um sistema de backup (elétrico ou a gás).

Como escolher/dimensionar o equipamento?

A seleção de um equipamento solar depende basicamente dos seguintes fatores:

- Número de pessoas e hábitos de uso da água de chuveiro na residência.
- Intenção de utilizar a água quente para outros fins, como limpeza de roupas e pratos.
- Qualidade do recurso solar do local.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- O telhado deve estar em condições apropriadas de capacidade estrutural, inclinação e orientação para correta instalação do equipamento.
- Competição pela área do telhado para instalação de outro equipamento, como placas solares fotovoltaicas, por exemplo.
- Necessidade de capacitação dos usuários para operação e manutenção do sistema, bem como em relação ao uso racional da energia.
- Disponibilidade local de pessoal qualificado para a instalação do equipamento.

Especificações técnicas e normatividade

Na mais recente revisão do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) (maio de 2018) foram avaliados 50 modelos de sistemas acoplados de aquecimento solar de água. A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia classifica o produto em faixas que variam desde a mais eficiente (A) até a menos eficiente (E). Os classificados na faixa A têm uma produção média mensal de energia maior do que 80.3kWh.mês/m^2 [16].

COLOCANDO EM PRÁTICA:

AQUECEDORES SOLARES DE ÁGUA EM MORADIAS DE BAIXA RENDA, SÃO PAULO

A Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU), com foco no atendimento habitacional da população de baixa renda, busca o aprimoramento na qualidade de seus projetos, incorporando inovações que beneficiem a sociedade e o meio ambiente. Desde 2009, a companhia tem instalado aquecedores solares de água. Até o fim de 2017, a companhia já havia colocado cerca de 70.000 sistemas de aquecimento, totalizando um investimento aproximado de R$ 105 milhões e uma economia projetada de 13.500MWh/mês. O monitoramento dos gastos de energia indica uma economia da ordem de 15%, quando comparados aos gastos antes e após a instalação solar [17].

Fonte: Shutterstock

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Fonte: Shutterstock

O que são?

São um conjunto de dispositivos que consiste na captação de energia solar e sua conversão em eletricidade. As placas (também chamadas módulos ou painéis fotovoltaicos) captam a luz solar e a transformam em energia de corrente contínua, um inversor transforma essa energia em corrente alternada que diretamente alimenta o quadro geral da casa ou do edifício, e depois os cômodos.

As placas são instaladas no telhado da edificação, posicionadas para o lado de maior incidência de luz solar. Caso a energia consumida pela edificação seja menor do que a produzida pelo sistema fotovoltaico, esse excedente pode ser armazenado em baterias. Ainda, esse excedente pode retornar ao grid (rede de energia local) caso o sistema esteja conectado à rede, gerando créditos na conta de luz do proprietário do sistema.

Quando convém usá-lo?

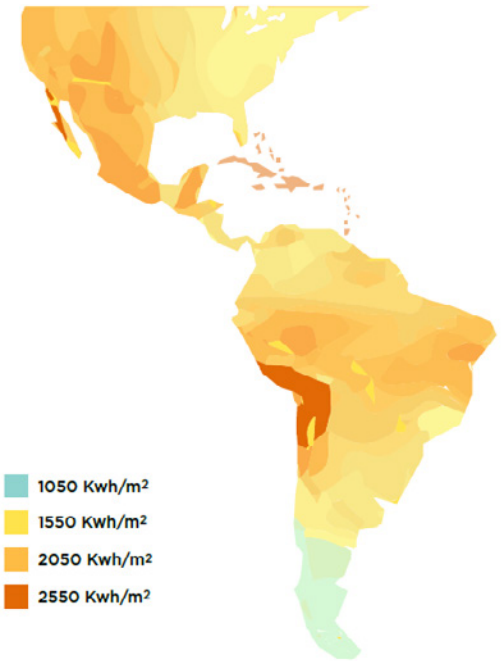
No Brasil, existem níveis muito altos de radiação solar, o que viabiliza os sistemas fotovoltaicos mesmo no inverno ou em estações chuvosas.

CIDADE	MÉDIA ANUAL DA RADIAÇÃO SOLAR CONFORME A INCLINAÇÃO POR LATITUDE (kWh/M²/ DIA)
Belo Horizonte	5,60
Brasília	5,83
Curitiba	4,72
Florianópolis	4,95
São Paulo	4,87
Rio de Janeiro	5,26

Elaboração BID 2019, com base no Mapa de radiação solar da América Latina e do Caribe, da Agência Internacional de Energia Renovável, IRENA.

Fonte: Valores tomados de NREL disponível no site[IV]

Ver openei.org/wiki/Solar_and_Wind_Energy_Resource_Assessment_(SWERA) [IV]



Quais são as vantagens em seu uso?

- Energia oriunda de uma fonte gratuita e inesgotável.
- Substitui fontes mais tradicionais de energia, o que reduz o impacto no meio ambiente, inclusive as emissões de carbono.

Quando o sistema está conectado à rede elétrica:

- Possibilita a troca de energia com a rede. O sistema fornece energia à rede quando produz mais do que consome; e permite consumo de energia da rede quando não pode suprir toda a demanda da edificação.

Quando o sistema não está conectado à rede elétrica:

- Permite gerar eletricidade em lugares afastados, onde os sistemas convencionais de rede não chegam.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- A geração de energia depende da radiação solar, ou seja, cessa à noite e é reduzida no tempo nublado.
- A disponibilidade de espaço adequado para sua instalação pode ser um aspecto limitador em algumas edificações.
- Exige manutenção, especialmente para a limpeza das superfícies dos painéis.
- Caso o sistema inclua baterias, é preciso avaliar os impactos ambientais da produção e o descarte delas.

Como escolher/dimensionar o equipamento?

Para dimensionar o tamanho do sistema fotovoltaico e de seus componentes, é necessário conhecer as condições de demanda, as características da rede e dos componentes. Com esses dados, um profissional especializado pode dimensionar o equipamento.

Existem diversos simuladores, disponíveis gratuitamente na internet, que permitem:

- Calcular uma primeira aproximação da potência necessária[*V] para atender à demanda energética de uma edificação;
- Fazer uma primeira estimativa da viabilidade financeira[*VI] de instalar um sistema solar fotovoltaico.

[*V] Ver americadosol.org/simulador/

[*VI] Ver guiaenergiaedificacoes.com.br/tipologias/residencial/residencial-casa/

COLOCANDO EM PRÁTICA:
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM MORADIAS DE BAIXA RENDA, SÃO PAULO

Fonte: Shutterstock

A Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU) passou a implantar a geração de energia solar fotovoltaica em todos os empreendimentos unifamiliares entregues a partir de 2017. Atualmente, três empreendimentos que estão em obra contarão com esse sistema: Aparecida B, com 62 apartamentos; Cubatão B, com 216 apartamentos; e Dolcinópolis G, com 60 casas. A energia gerada será destinada às áreas comuns dos edifícios, à iluminação de escadas e às necessidades do condomínio. Trata-se de um investimento de R$ 50,7 milhões, cujas obras se iniciaram entre o final de 2017 e início de 2018 [17].

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Demanda de energia no prédio.
- Disponibilidade de área de telhado e posicionamento.
- No caso de sistemas conectados ao grid, deve-se verificar com a empresa distribuidora os requerimentos de conexão. No caso de sistemas isolados, deve-se verificar a necessidade de baterias para o armazenamento de energia para dar autonomia ao sistema.
- Os níveis de radiação no local onde se pretende implantar o sistema, a viabilidade para o posicionamento das placas e a capacidade estrutural [18].
- Avaliação de elementos vizinhos que podem causar sombras e assim reduzir significativamente a geração de energia de um sistema fotovoltaico. Tais elementos podem ser construções, árvores, postes, rede elétrica, chaminés, tanques de água, e inclusive outras partes dos painéis.
- Necessidade de capacitação dos usuários para operação e manutenção do sistema, bem como em relação ao uso racional da energia.
- Disponibilidade local de pessoal qualificado para a instalação do equipamento.

Especificações técnicas e normatividade

Na mais recente revisão do INMETRO (fevereiro de 2018) foram avaliados 857 modelos de módulos. A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia classifica o produto em faixas que variam desde a mais eficiente (A) até a menos eficiente (E) [19]. Recomenda-se sempre usar aqueles que estão classificados na faixa A.

Para mais informação, consulte o guia + SOL + LUZ.*VII

*VII Ver publications.iadb.org/pt/sol-luz-guia-pratico-para-implementacao-de-sistemas-fotovoltaicos-em-projetos-de-infraestrutura

COLOCANDO EM PRÁTICA:
FACHADA DO EDIFÍCIO SÊNECA EM SÃO PAULO

Os sistemas fotovoltaicos também podem ser aplicados sobre as paredes das fachadas das edificações. Esses módulos podem tanto ser sobrepostos ao sistema de vedação da edificação, como podem também substituir elementos construtivos e/ou revestimentos da edificação. Existem módulos transparentes ou em diversas cores. Também são produzidos filmes orgânicos fotovoltaicos (OPV, conforme sigla em inglês), uma forma leve, transparente e flexível, que pode ser utilizada em locais de difícil aplicação para os demais painéis.

Fachada com instalação do filme OPV

Fonte: [20]

A vantagem desse tipo de aplicação é que pode ser utilizado em outras áreas da edificação, para além dos telhados. É importante reforçar que sempre se deve considerar a orientação (norte, nordeste, noroeste etc.) para que os sistemas recebam maior incidência solar.

A fachada do edifício comercial Sêneca, localizado na zona norte São Paulo, utilizou 100m² de um sistema composto de filmes OPV [20].

COLOCANDO EM PRÁTICA:
MUSEU DO AMANHÃ NO RIO DE JANEIRO

Outra aplicação dos sistemas fotovoltaicos consiste nas brises fotovoltaicas, as quais podem ser fixas ou móveis. As brises possuem a vantagem de utilizar outras áreas da edificação e estender sua capacidade de sombreamento. As brises têm que estar orientadas de forma que recebam maior incidência solar (norte, nordeste, noroeste etc.).

Na fachada do Museu do Amanhã existem brises fotovoltaicas móveis para a geração de energia elétrica.

Fonte: Shutterstock

Fonte: Shutterstock

Fonte: Goiás Agora

Fonte: Agência Caixa

MINI/MICROGERAÇÃO EÓLICA

O que é?

As turbinas eólicas convertem a energia cinética do vento em eletricidade. Quando o vento gira as pás da turbina, um rotor captura a energia cinética do vento e a converte em movimento rotativo para acionar o gerador elétrico.

Um pequeno sistema eólico pode ser conectado à rede elétrica através do seu fornecedor de energia ou pode ficar isolado (fora da rede).

Fonte: Shutterstock

Quando convém utilizar essa solução?

- Boa opção para áreas rurais que ainda não estão conectadas à rede elétrica.
- Pequenas turbinas de aproximadamente 10 a 100kW podem ser acopladas a casas, escolas, instalações industriais, entre outros.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Em certas situações é a forma mais barata de ter acesso à energia.
- Podem ser complementares a sistemas de geração fotovoltaica.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- É uma forma exigente nas condições do terreno. Nem todas as propriedades são adequadas para energia eólica.
- Possível incômodo a vizinhos devido ao ruído ou impacto visual.
- Requer manutenção mais complexa do que a da energia solar.
- Não tem geração constante de energia, motivo pelo qual precisará ainda de uma outra fonte de energia ou de baterias.
- Se o sistema inclui baterias, é preciso contemplar os impactos ambientais da produção e descarte delas.

Como escolher/dimensionar o equipamento?

Para dimensionar o tamanho do sistema eólico e de seus componentes, é necessário conhecer a velocidade média do vento local (medida pelo menos durante dois anos), as condições de demanda, as características da rede e dos componentes. Com esses dados, um profissional especializado pode dimensionar o equipamento.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Disponibilidade de um bom recurso eólico no terreno.
- Existência de códigos ou acordos de zoneamento locais que permitam turbinas eólicas.
- Viabilidade econômica.

PEQUENAS CENTRAIS HIDROELÉTRICAS (PCH)

Fonte: Shutterstock

O que são?

São um sistema que precisa de uma turbina, bomba ou roda d'água para transformar a energia da água corrente em energia rotacional, que é convertida em eletricidade por um gerador elétrico.

Quando convém utilizar essa solução?

Em lugares próximos a um curso de água, preferivelmente constante.

Quais são as vantagens em seu uso?

- O suprimento é contínuo em comparação com outras tecnologias renováveis de pequena escala (a menos que em temporada seca o fluxo de água desapareça).
- A água que passa através do gerador é levada de volta ao fluxo, com impacto relativamente baixo na ecologia circundante.
- Pode ser implementada de forma isolada ou integrada à rede elétrica local, com possibilidade de venda da energia em excesso.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Para obter o máximo proveito do potencial elétrico de pequenos riachos, o local deve ter as características adequadas.
- Impactos ambientais no riacho (por exemplo nos peixes).
- O tamanho e o fluxo de pequenos riachos podem restringir a expansão futura do site à medida que a demanda de energia aumente.
- Em muitos locais, o tamanho do fluxo varia sazonalmente. Durante os meses de seca, deverá haver menos fluxo, portanto, menor produção de energia.

Como escolher/dimensionar o equipamento?

Para dimensionar o tamanho do sistema hidroelétrico e de seus componentes é necessário conhecer as características da fonte de água, as condições de demanda, as características da rede e dos componentes. Com esses dados, um profissional especializado pode dimensionar o equipamento.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

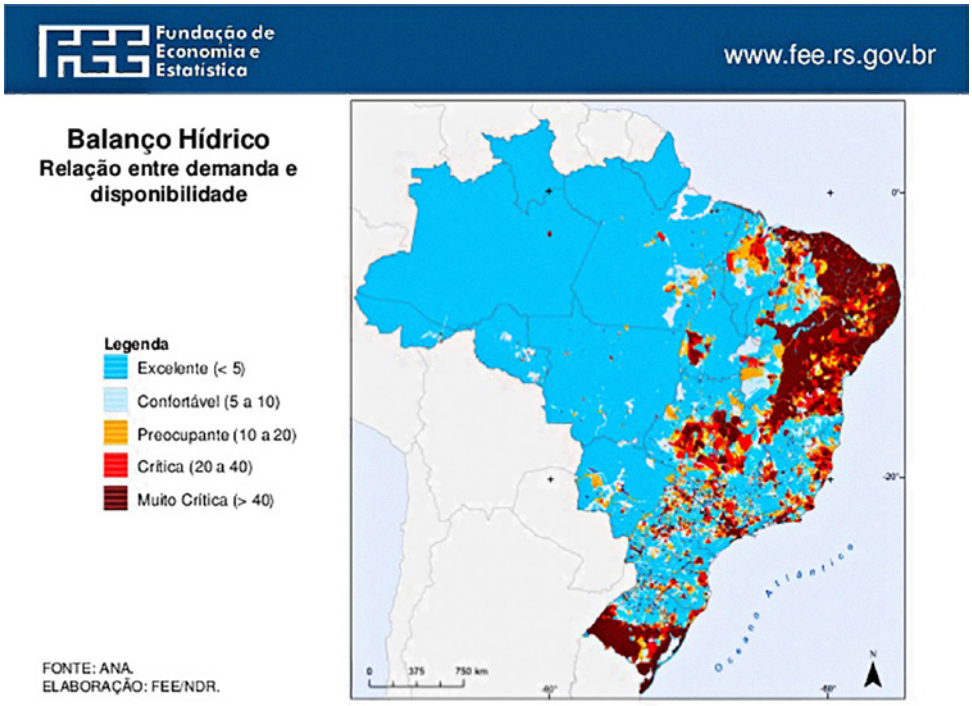
- A distância da fonte de energia ao local onde a energia é necessária, o tamanho do fluxo (incluindo vazão, saída e queda) e um equilíbrio dos componentes do sistema – inversor, baterias, controlador, linha de transmissão e tubulações.
- Planejamento e pesquisa avançados serão necessários para garantir atender aos requisitos de energia adequados.
- Deve-se observar o disposto na Resolução Normativa nº 673, de 4 de agosto de 2015, da ANEEL.

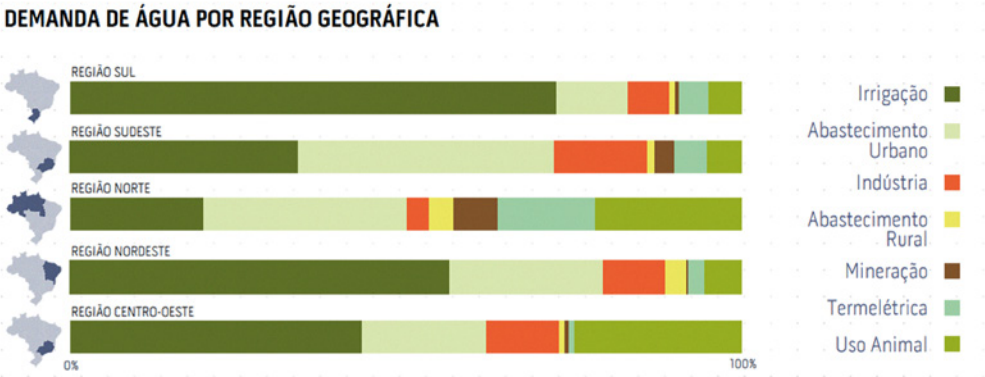
B ÁGUA

Segundo a ANA [21], estima-se que a disponibilidade hídrica superficial no Brasil seja em torno de 78.600m³/s ou 30% da vazão média, considerando que 65.617m³/s, ou 83% do total, correspondem à contribuição da bacia amazônica. Em contraposição, a demanda de água no Brasil está em aumento, estima-se que o total retirado de água tem crescido 80% durante as duas últimas décadas. Esse aumento está sustentado no desenvolvimento econômico, nas atividades econômicas intensivas em água, no aumento da população e no processo de urbanização do país. Esses fatores fazem com que haja regiões do Brasil que enfrentam estresse hídrico. As regiões mais críticas são a Sudeste, onde o uso para consumo humano, irrigação e indústria é expressivo; a Sul, onde se destaca o consumo para irrigação, em particular, em grandes lavouras de arroz pelo método de inundação; e a Nordeste, onde a retirada de água é alta em relação a sua disponibilidade hídrica [22].

Balanço hídrico quantitativo e demanda de água por região geográfica

Fonte: [21], [22]





Medição individualizada de água

Fonte: Shutterstock

O que é?

A medição individualizada de água consiste em ter um hidrômetro para cada unidade habitacional. Esse tipo de medição pode levar a uma economia entre 30% a 60% no condomínio.

Quando convém usá-la?

Sempre que possível, principalmente em edificações condominiais.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Otimização do consumo de água potável.
- Cobrança pelos serviços de água e esgotamento sanitário pelo volume consumido em cada unidade habitacional.
- Detecção de vazamentos facilitada.
- Valorização da unidade habitacional.
- Informação em tempo real do consumo (no caso de leitura remota).
- Melhoria do desempenho financeiro e operacional da empresa prestadora do serviço.

Como escolher/dimensionar o equipo?

A leitura da medição individualizada pode ser feita no local ou mediante leitura remota que se auxilia de um *automatic meter reading* (AMR), um processo que inclui: a) medição; b) transferência dos dados; c) processamento e análise; e d) feedback sobre o consumo.

Quais são os fatores a considerar para a implementação?

- Prédios antigos precisam realizar modificações internas para adaptar a canalização da leitura coletiva à de leitura individual.
- Para as leituras realizadas de forma visual, os medidores devem ser de fácil acesso.
- As normas da concessionária local devem ser observadas.
- Tipo de hidrômetro e tecnologia para leitura remota segundo as necessidades.

Especificações técnicas e normatividade

- Os aparelhos utilizados para a medição de consumo de água potável fria e água quente devem atender às especificações estabelecidas pelo Inmetro conforme Portaria nº 295, de 29 de junho de 2018. A Portaria permite o uso de dispositivo de leitura remota para ensaios, verificação e leitura a distância, desde que ele não comprometa o bom funcionamento do medidor de volume de água.
- No Brasil, a Lei nº 13.312/2016, que entrará em vigor após cinco anos de sua publicação, tornará obrigatória a medição individualizada do consumo hídrico em novas edificações condominiais.

Aparelhos economizadores de água

Fonte: Shutterstock

O que são?

São aparelhos que utilizam tecnologias que funcionam com vazão reduzida de água, evitando assim o desperdício do recurso. Por exemplo, no mercado encontram-se redutores de pressão, reguladores de vazão, arejadores de torneiras, pulverizadores, temporizadores de chuveiro, e bacias sanitárias com sistema de descarga de duplo acionamento.

Quando convém utilizar essa solução?

Sempre representa uma boa prática, e é especialmente necessária em regiões com escassez de água (Nordeste, Sul e Sudeste).

Quais são as vantagens em seu uso?

- Redução dos custos na conta de água e de energia (relacionado a aquecimento da água).
- Economia no consumo de água pode chegar até 80%.
  - » Uma bacia sanitária com sistema de acionamento duplo pode economizar até 35% da água.
  - » Uma torneira convencional dispensa de 8 a 20 litros/minuto. A instalação de um arejador faz com que se economize um montante entre 50% e 80% (quanto maior a pressão da água, maior a economia no consumo).
  - » O uso de dispositivos redutores de vazão pode reduzir em até 80% o volume de água consumida por um chuveiro e em cerca de 60% o de uma torneira.
- Valorização da unidade habitacional.
- Instalação bastante simples.

Quais são as desvantagens em seu uso?

O custo de investimento dos aparelhos é maior comparado com o dos aparelhos convencionais. Os aparelhos poderiam não ser encontrados facilmente em todas as regiões do Brasil.

Como escolher/dimensionar os aparelhos?

Durante a escolha dos equipamentos, é importante verificar os seguintes itens: dimensões, vazão, tempo de ciclo, estanqueidade do equipamento, força necessária para acionar o equipamento (especialmente importante para crianças e idosos), e resistência à corrosão.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

No caso de edificações existentes, se os equipamentos e tubulações forem muito antigos, o procedimento de substituição poderá danificar a tubulação.

Especificações técnicas e normatividade

- As empresas que produzem aparelhos em conformidade com os requisitos das Normas Técnicas Brasileiras podem ser consultadas no site do Ministério de Desenvolvimento Regional[*VIII].
- A Portaria 269 de 2017 torna obrigatório o vaso sanitário com sistema de duplo acionamento.

*VIII Ver pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_simac_psqs2.php?id_psq=96

Aproveitamento de águas pluviais

O que é?

O sistema de aproveitamento de água de chuva para consumo não potável consiste em uma prática relativamente simples e econômica, cujo objetivo é captar e armazenar a água de chuva para uso futuro.

Quando convém utilizar essa solução?

Sempre representa uma boa prática, mas é especialmente necessária em regiões com escassez de água (Nordeste, Sul e Sudeste).

Quais são as vantagens em seu uso?

- Fonte alternativa de água.
- Redução de consumo de água potável, portanto diminuição da conta de água.
- Conservação dos recursos hídricos.
- Redução de escoamento superficial.
- Redução do risco de enchentes e erosão em áreas urbanas.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Não fornece um abastecimento de água constante ao longo do ano, pois depende das chuvas.
- Se o intervalo entre os períodos secos e chuvosos é muito grande, o armazenamento torna-se muito caro, pois precisaria de um sistema muito maior.

Como escolher/dimensionar o equipamento?

- A principal consideração ao projetar um sistema de captação de água de chuva é o dimensionamento adequado do tanque de armazenamento. Seu tamanho é calculado com base em dois fatores principais: taxa de fornecimento (dados locais de chuva e área de coleta) e demanda (volume de água por dia requerido).
- Ao coletar a água da chuva, um sistema de tubulação dupla deve ser usado a fim de separar a água da chuva da água potável, e distribuir a água coletada para uso no local do projeto. A água coletada pode ser utilizada para descarga de vasos sanitários, para máquinas de lavar, limpeza do domicílio e rega de plantas.
- O Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE), vinculado ao Núcleo de Pesquisa em Construção do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, disponibiliza um programa chamado 'Netuno', que possibilita ao projetista estimar o potencial de água potável pelo aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis. Netuno pode ser baixado gratuitamente no site do LABEEE[*IX].

*IX Ver labeee.ufsc.br/downloads/softwares/netuno

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Os riscos de contaminação (se não for armazenada e usada apropriadamente).
- Necessidade de monitoramento e manutenção rigorosos, com avaliação periódica dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da qualidade da água armazenada.
- Capacitação dos usuários sobre monitoramento e manutenção do sistema e usos e limitações dessa água.

Especificações técnicas e normatividade

As normas brasileiras que versam sobre o aproveitamento de água pluvial são a ABNT NBR 15527:2007 (Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis) e ABNT NBR 10844:1989 (Instalações prediais de águas pluviais).

COLOCANDO EM PRÁTICA:

CAPTAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM MORADIAS DE BAIXA RENDA EM MAPELE, SIMÕES FILHO (BAHIA)

No condomínio CrêSer, construído para população de baixa renda, localizado em Mapele, Simões Filho (BA), foi instalado um sistema de captação de água pluvial com um reservatório de 250 litros. O reservatório alimenta em cada casa o tanque de lavar roupas, e é abastecido pela água de chuva captada pelo telhado. Verificou-se uma economia entre 40% e 92% na água potável usada no tanque de lavar roupas, o que representa uma redução na demanda por água do sistema público em torno de 10 litros/pessoa/dia, ou 13% da demanda diária total [23].

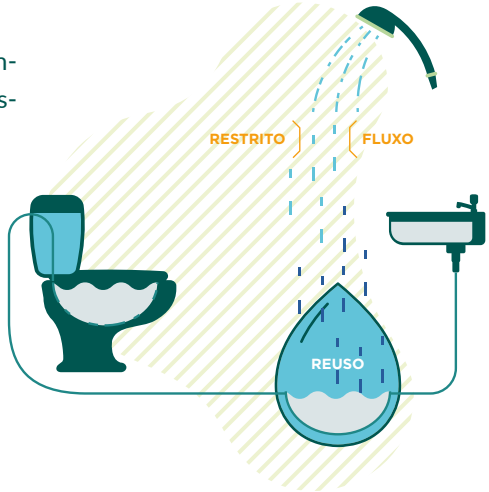
Reuso de água cinza

O que é?

Chama-se água cinza a água proveniente de banhos, máquinas de lavar roupa e lavatórios de banheiro, ou seja, a que não entra em contato com fezes e urina. As águas cinzas podem ser usadas para descarga de bacias sanitárias, limpeza de pisos, rega de jardins e gramado (somente a água sem cloro), rega de árvores e arbustos (somente sem cloro), limpeza de veículos, limpeza de paredes, e para reutilização na máquina para lavagem de tecidos mais grosseiros [24].

Quando convém usá-lo?

Sempre representa uma boa prática, mas é especialmente necessária em regiões com escassez de água (Nordeste, Sul e Sudeste).



Quais são as vantagens em seu uso?

- Fonte alternativa de água.
- Conservação dos recursos hídricos.
- Redução no consumo de água potável, portanto diminuição na conta de água.
- Otimização da infraestrutura de coleta e tratamento de esgotos domésticos.

Quais são as desvantagens em seu uso?

A reciclagem de água é mais desafiadora em edifícios , nos quais a água de todas as instalações sanitárias é combinada, portanto são necessárias intervenções para separação, tratamento e aproveitamento.

Como escolher/dimensionar o equipamento?

O desenho do sistema deve ser realizado por um profissional especializado.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Domínio da tecnologia, pois requer um dimensionamento adequado para que seja tratada toda a água cinza produzida no conjunto habitacional ou no edifício.
- Sinalização de água potável e não potável.
- Capacitação dos usuários sobre as possibilidades e os limites de uso desse recurso.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
ÁGUA VIVA – MULHERES E O REDESENHO DA VIDA NO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE

O Projeto Água Viva, do Centro Feminista 8 de Março, foi o vencedor do Prêmio Fundação Banco do Brasil de Tecnologia Social na categoria Mulheres.

Fonte: Divulgação Fundação Banco do Brasil

A tecnologia, implementada na cidade de Mossoró (RN), co-financiada pela União Europeia (por meio do projeto do Quintal ao Mar), é resultado da construção coletiva de um grupo de mulheres do Assentamento de Monte Alegre I, de Upanema (RN), e de professores e estudantes da Universidade Rural do Semiárido (UFERSA). Toda a água usada nas atividades domésticas passou a ser purificada e reutilizada na irrigação de árvores frutíferas e hortaliças agroecológicas. A água passa por um processo de purificação com filtros orgânicos, caixas e tubos instalados nas propriedades. A filtragem se faz com produtos extraídos da região, como a palha de carnaúba e a fibra de coco triturada. O sistema de irrigação das hortaliças ocorre por meio de gotejamento [25]*x).

*x **Vide vídeo** youtube.com/watch?v=jmffIq-dPPM

COLOCANDO EM PRÁTICA:
SEDE DA SUBSECRETARIA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO DA PREFEITURA DE VITÓRIA (ESPÍRITO SANTO)

Na edificação Sede da Subsecretaria de Tecnologia da Informação, Secretaria Municipal da Fazenda de Vitória (ES), adotaram-se tecnologias para o aproveitamento de água condensada dos evaporadores do sistema de climatização. Foram instalados reservatórios de captação, torneiras e tubulação específica. As tubulações Com o uso de identificação das tubulações componentes do sistema na cor lilás e a instalação de placas de identificação nos pontos de consumo, evita-se o risco de contaminação dos usuários. É estimado um aproveitamento de 11 mil litros de água condensada por mês, recurso posteriormente utilizado para lavagens de pisos e regas de jardim.

Reservatórios de captação da água condensada da Subsecretaria de Tecnologia da Informação

Fonte: Secretaria Municipal de Obras e Habitação da Prefeitura de Vitória

C MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Fonte: Shutterstock

Materiais são a base dos edifícios que projetamos e construímos, portanto sua importância para a sustentabilidade de nossos edifícios é imensa. Na busca de materiais para projetos verdes, é sempre importante analisar não somente seus custos, mas também os impactos ambientais, sociais e econômicos associados com produção, transporte, consumo e descarte desses materiais. Como dito anteriormente, na construção verde, é essencial ter uma perspectiva do ciclo de vida, baseada em sistemas, e um processo integrado, para que os projetos atinjam seus objetivos de sustentabilidade.

Existem muitas oportunidades para minimizar os danos associados ao consumo de materiais. As diretrizes da certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) do *U.S. Green Building Council (USGBC)* abordam a questão que se baseia em três grandes estratégias:

1. Conservação de material: usar menos materiais e optar por reciclados.
2. Uso de materiais de construção com menor pegada de carbono do que os materiais tradicionais. Recomenda-se, quando disponível, comparar a Declaração Ambiental de Produto (baseado na norma NBR ISSO 14025) que fornece informação sobre o impacto ambiental ao longo de todo o ciclo de vida [26].
3. Gerenciamento e redução de resíduos durante a construção e operação do edifício, e na fase (ou casos) de demolição.

Conservação de materiais

A redução do uso de materiais pode se dar por diferentes estratégias:

- O planejamento de cidades compactas reduz as necessidades de construção de infraestrutura básica como estradas, redes de serviço público (água e saneamento, energia, internet etc.), além de promover a conservação da terra.
- A reutilização de edifícios já construídos permite evitar o desperdício de material que a demolição ocasiona, minimizando o consumo de materiais novos para *retrofit*.
- A reutilização de materiais de demolição evita o consumo de novas matérias-primas.
- O desenho de edifícios de menores dimensões, já que o metro quadrado mais sustentável é o que não se constrói. Essa estratégia busca minimizar a quantidade de metros quadrados construídos, sem prejudicar a funcionalidade da edificação.
- O desenho de edifícios flexíveis. Por exemplo, no caso de edificações residenciais, como habitações sociais, a transformação da moradia conforme necessidades e hábitos da família é um elemento fundamental desse tipo de projeto. Uma planta modular deve permitir ampliações ou transformações disciplinadas (que não alterem a relação entre a edificação e o espaço público).
- A flexibilidade de uma edificação tem três dimensões [27]:
  - **Social:** Se adequa às transformações sociais, e aos novos modelos familiares.
  - **Econômica:** Reduz custos financeiros iniciais pela possibilidade de adicionar mais módulos conforme necessidades.
  - **Ambiental:** Diminui o consumo dos materiais, evita demolição precoce, e prolonga a longevidade da edificação.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
ESCOLA SUSTENTÁVEL Nº 294 DE JAUREGUIBERRY, URUGUAY

Este projeto representa a primeira escola pública 100% autossustentável da América Latina.

A edificação foi projetada com o método *Earthship*, que busca aproveitar ao máximo a energia solar, da água, do vento e da terra. Foram utilizadas 10 toneladas de materiais reciclados (latas de alumínio, pneus, garrafas de vidro e papelão) que, juntamente com materiais tradicionais e naturais, deram base a um edifício completamente autossuficiente, um espaço de 270 metros quadrados, custo zero para aquecimento, refrigeração, consumo de eletricidade e água. Suas características sustentáveis tornam esta edificação única no Uruguai, a qual serve também como uma poderosa ferramenta de aprendizado para as crianças que frequentam a escola e para a comunidade do entorno. Como consequência do contato direto com a edificação, o público aprende sobre a reutilização de recursos naturais (água da chuva usada nos banheiros, depois no jardim e em tanques, por exemplo), reciclagem de materiais, além de terem hortas com alimentos orgânicos e saudáveis.

Fonte: BID, 2019

Materiais ecológicos

Muitas são as características que permitem definir um material como ecológico. Em geral, os materiais ecológicos são:

- Coletados, extraídos e fabricados localmente.
- Cultivados ou recolhidos organicamente ou de maneira sustentável.
- Fabricados com insumos rapidamente renováveis.
- Formados de insumos reciclados e/ou insumos biodegradáveis ou suscetíveis de conversão em carbono.
- Livres de toxinas.
- Duráveis, de fácil manutenção e reutilizáveis.
- Compostos de carbono em quantidade menor que a dos materiais convencionais.

A seguir, conheça alguns dos materiais ecológicos mais interessantes disponíveis no mercado brasileiro.

MADEIRA PLANTADA OU CERTIFICADA

Fornecimento responsável para construções ecológicas

Fonte: Shutterstock

O que é?

A madeira é um material de construção leve, durável, fácil de trabalhar, e renovável. A implantação, manutenção de florestas plantadas e exploração deve contar com a aprovação do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA). Para o aproveitamento desse material deve-se seguir o princípio de sustentabilidade, ou seja, a taxa de extração deve permitir a recomposição da floresta de uma determinada área. Para verificar a madeira, no Brasil estão disponíveis dois sistemas: FSC – *Forest Stewarship Council* (Conselho de Manejo Florestal) e o Sistema de Certificação Florestal Brasileiro do INMETRO (Cerflor) [28].

Quais são as vantagens em seu uso?

- É material renovável.
- Captura e estoque de CO_2.
- Possui estruturas que consomem menos energia para serem construídas.
- Ajuda no uso responsável das florestas públicas brasileiras.
- Ajuda na conservação da biodiversidade brasileira.
- Reduz o tempo de construção das obras.
- Diminui o tempo do canteiro de obras.
- 1 metro cúbico de madeira armazena cerca de 1 tonelada de dióxido de carbono.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
MORADAS INFANTIS - CANUANÃ

Este projeto de moradia para crianças de 13 a 18 anos que habitam em um local remoto no centro do Brasil, ganhador de muitos prêmios de arquitetura (Riba International Prize, ArchDaily Building of the Year, entre outros), foi desenhado com a mescla da técnica contemporânea e o rico conhecimento vernacular local, utilizando matérias sustentáveis. Os projetistas descrevem as escolhas dos materiais assim: "A decisão de usar madeira laminada colada de eucalipto veio da vantagem da versatilidade e sustentabilidade deste material como elemento pré-fabricado, e em resposta à necessidade de uma obra rápida que minimizaria a desorganização no funcionamento da escola. Da mesma forma, tijolos de solo-cimento feitos de barro local, moldados in loco, foram escolhidos como material para essa obra para eliminar questões logísticas de distância, além de possuírem excelentes propriedades térmicas. O material foi usado como vedação em paredes de tijolo aparente assim como treliçados, permitindo ventilação e proteção das áreas molhadas. [...] Em suma, um diálogo é criado entre técnicas vernaculares e um modelo positivo para a habitação sustentável".

Fonte: Fotos/Divulgação Estúdio Gustavo Utrabo

BAMBU

O que é?

O bambu é uma planta milenar usada amplamente em construções na Ásia. Sua utilização no Brasil, em maior escala, é um fenômeno mais recente. De fato, a Embrapa lançou, em 2017, o relatório "Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia", que objetiva agregar em uma obra única informações sobre o material a fim de consolidar a cadeia produtiva do bambu no Brasil [29].

Fonte: Shutterstock

Quais são as vantagens em seu uso?[*XI]

- Tem baixo custo.
- É de fácil manejo.
- Requer pouca quantidade de energia em seu processo de preparo.
- Material renovável.
- Captura e estoque de CO_2.
- Permite emprego de mão de obra local.

[*XI] Veja neste vídeo o processo completo de transformação do bambu e alguns exemplos de sua aplicação no Equador.

youtube.com/watch?v=EX1UOcXjzoE&t=3s

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Pessoal qualificado.
- O material não pode estar em contato com o solo ou com a chuva.
- É necessário tratamento adequado do material para protegê-lo de brocas, cupins e fungos.

COLOCANDO EM PRÁTICA:

PROJETOS COM BAMBU EM LIMA (PERU) COMO ESTRATÉGIA DE DIFUSÃO DE UM MÉTODO CONSTRUTIVO E ALTERNATIVO SUSTENTÁVEL

O Instituto de Vivenda, Urbanismo e Construção (IVUC) da Universidade São Martin de Porres, no Peru, tem como meta introduzir o uso de bambu na habitação social assim como massificar o seu uso. Durante a COP 20, em Lima, a Casa Selva foi apresentada na exibição Vozes pelo Clima. A área construída foi de 105m², A obra considerou necessidades climáticas e econômicas da região da Floresta [30] [31].

Casa Selva

Fonte: Foto/ Divulgação Instituto de Vivienda, Urbanismo y Construcción

TIJOLOS ECOLÓGICOS

O que são?

Blocos de terra comprimida (BTC), compostos de solo e cimento e não precisam de queima. Por serem modulares, permitem um projeto racionalizado e sua utilização para fins estruturais, o que evita o uso de concreto e formas de madeira. Normalmente seu assentamento é de forma aparente (sem necessidade de revestimento de argamassa). Podem ser fabricados e armazenados no próprio canteiro de obra. Sua cura é feita com água, diferentemente dos convencionais, que precisam passar pelo forno [32].

Fonte: Lucas Rosse Caldas

Quais são as vantagens em seu uso?

- O tempo de construção se reduz em 30% em relação ao da alvenaria tradicional.
- Economia de 70% do concreto e argamassa.
- Economia de 50% de aço.
- Fácil acabamento.
- Redução dos resíduos da construção.
- Redução da demanda energética.
- Aproveitamento de resíduos diversos.
- Geração de oportunidades locais.
- A tubulação pode ser embutida nos furos dos tijolos.

No Brasil existe a Associação Nacional da Indústria do Tijolo Ecológico (ANITECO) que promove o debate e propaga as melhores práticas usadas na cadeia produtiva da indústria do tijolo ecológico. No site se encontram os fornecedores desse material.

Ver aniteco.org.br/

COLOCANDO EM PRÁTICA:

7 MIL TIJOLOS ECOLÓGICOS PARA CONSTRUIR UMA CASA DE 55M²

Em Sobradinho (Distrito Federal), um casal construiu sua moradia de 55m² usando 7 mil tijolos ecológicos que eles mesmos fizeram. O tijolo ecológico fabricado leva apenas terra e 10% de cimento, e não tem necessidade de ir ao forno. O processo de cura ocorre durante uma semana ao sol, e precisa ser molhado duas vezes ao dia. Eles utilizaram uma máquina de prensar manual que foi adquirida por R$ 3.600. O dono da moradia assegura que como os tijolos têm furos, a fiação elétrica pode passar por eles e não necessita ficar aparente. Além disso, o tijolo se torna um isolante natural tanto térmico quanto acústico*XII [33].

FONTE: Divulgação Fundação Banco do Brasil

*XII Ver vídeo com o processo de construção.

fbb.org.br/images/repositorio/2018/09-2018/Tijolo%20Ecologico/Tijolo.mp4

COLOCANDO EM PRÁTICA:
CASA DA CRIANÇA INDÍGENA, MÉXICO

O projeto é baseado na arquitetura saudável, a qual propõe como raízes a sustentabilidade, o enriquecimento ambiental e a espiritualidade. A configuração espacial, juntamente com os materiais utilizados, são os aspetos mais relevantes da edificação. Os materiais são locais de baixo impacto ambiental, rápida renovação natural e de produção local. Em particular, o tijolo foi feito a 3km de distância do site, por pessoas com mais 50 anos de experiência. O junco era totalmente local, colhido nos rios sazonais do Valle do Yaqui. Também a equipe de trabalho incluía membros da Comunidade Yaqui e dos arredores.

Fonte: BID, 2019.

ADOBE

Fonte: Shutterstock

O que é?

O adobe é um material de construção tradicional, composto de terra crua, água, palha e em alguns casos cimento, produzido manualmente e sem gasto de energia para queima. O adobe no Brasil é utilizado principalmente para projetos de restauro, em construções que fizeram uso desse material no passado.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Baixo custo.
- Facilidade de produção e execução.
- Baixo impacto ambiental por não usar combustíveis fósseis em sua produção.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Não é adequado para áreas sísmicas.
- Requer cuidados especiais com relação a sua exposição à água da chuva e escoamento superficial.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
IGREJA NOSSA SENHORA DO ROSÁRIO EM PIRENÓPOLIS, GOIÁS

Esta igreja começou a ser construída em 1728 com diferentes técnicas de terra, como a taipa no pilão e o adobe. Em 2002 sofreu um incêndio e foi restaurada utilizando parte das técnicas originais, como o uso do adobe.

Fonte: Lucas Rosse Caldas

COLOCANDO EM PRÁTICA:
ESCOLA "FEITA A MÃO", BANGLADESH

Fonte: Forgemind ArchiMedia (Flickr, 2012, CC BY 2.0)

Nas aldeias de Bangladesh, a maioria das casas é feita de barro. Durante suas inúmeras visitas a Bangladesh, a arquiteta Anna Heringer estudou as técnicas locais de construção de adobe, assim como as formas de melhorar os métodos tradicionais de construção. O objetivo era que as edificações resistissem melhor a fortes chuvas ou inundações e que, mesmo em áreas onde anteriormente eram construídas apenas casas térreas, fosse possível construir dois andares.

Esta edificação escolar feita de adobe e bambu ganhou vários prêmios, como o Prêmio de Arquitetura Aga Khan, e mostra como é possível alcançar soluções arquitetônicas interessantes mesmo por meio de técnicas construtivas tradicionais.

MATERIAIS INTELIGENTES

Fonte: Shutterstock

Alguns materiais têm sido desenvolvidos com o objetivo de tornar as edificações mais inteligentes. Entende-se por inteligente um material que foi desenvolvido e projetado para atender a alguns objetivos específicos durante o uso da edificação. A principal característica desses materiais é que eles conseguem atender a esses objetivos de forma natural (sem necessidade de ser operado por uma pessoa ou equipamento), conforme as condições ambientais em que a edificação está inserida. Eles podem trazer diferentes benefícios, inclusive ambientais. A seguir são apresentados alguns exemplos:

- **Bioconcretos regenerativos:** concretos compostos de bactérias que produzem substâncias capazes de fechar naturalmente eventuais fissuras que surjam no material. Essa característica minimiza ou elimina a necessidade de manutenções.
- **Concretos bioreceptivos:** concretos formulados com uma composição química que permite o crescimento natural de micro-organismos, musgos, liquens, até o desenvolvimento de plantas. É interessante que sejam utilizados nas fachadas das edificações, se comportando em sua fase final de desenvolvimento como uma fachada vegetada. A principal vantagem desse material é que ele permite um crescimento natural dos organismos e elimina as estruturas normalmente utilizadas nesse tipo de fachada.
- **Hidrocerâmicas:** cerâmicas compostas de hidrogel, um material cuja propriedade especial é aumentar e diminuir de tamanho pela absorção de água, de acordo com a temperatura do ambiente. Em uma temperatura baixa e com chuva, ele aumenta de tamanho, com a absorção da água local, servindo como um isolante térmico. Em uma temperatura mais alta, ele libera a água absorvida, diminuindo a temperatura do ambiente. O principal benefício desse material é o ganho de conforto térmico e aumento da eficiência energética das edificações.
- **Tintas autolimpantes:** contêm em sua composição nanopartículas de dióxido de titânio. Esse material, quando em contato com os raios ultravioleta da radiação solar, libera radicais livres capazes de eliminar micro-organismos e sujeiras. Essas tintas são indicadas para utilização em fachadas e coberturas das edificações e resultam na economia de manutenções e repinturas.
- **Tintas frias:** têm composição semelhante à das tintas convencionais, mas com adição de pigmentos cerâmicos frios que conferem à tinta uma capacidade maior de reflexão da radiação solar. Essa maior reflexão resulta em menor aquecimento da edificação, e, consequentemente, menor consumo de energia com equipamentos de ar-condicionado.

É importante ressaltar que a maioria desses materiais possuem custos elevados, e alguns se encontram na fase de testes e desenvolvimento. Portanto, sua difusão no mercado ainda é restrita. Questões como custos de investimento e manutenção, disponibilidade de fornecedores, e durabilidade dos novos materiais devem ser avaliadas no momento da especificação do projeto. É esperado que materiais inteligentes ganhem espaço nos próximos anos e que novos produtos sejam desenvolvidos e aperfeiçoados.

Gestão e redução dos desperdícios

Uma obra de construção civil gera grandes quantidades de resíduos sólidos durante todo o ciclo de vida do edifício. Para diminuir esse impacto, pode-se utilizar sistemas construtivos inovadores ou realizar o manejo dos canteiros das obras de forma adequada, como explicado no capítulo CANTEIROS DE OBRAS.

MATERIAIS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS INOVADORES DE CONSTRUTECHS BRASILEIRAS

No Brasil, as startups Construtechs produzem soluções tecnológicas para a cadeia produtiva da construção civil. No final de 2017, a Construtech Ventures mapeou a existência de mais de 250 Construtechs só no Brasil. Várias delas propõem materiais de construção e sistemas construtivos inovadores que trazem benefícios ambientais importantes. A seguir são apresentados alguns exemplos extraídos das páginas das próprias Construtechs:

- Construções sustentáveis da Ambar[*XIII] (São Carlos, São Paulo): Construtech que utiliza o *full installation*, método próprio que reduz o custo total de construção, diminui o tempo de produção, a quantidade de mão de obra necessária, e aumenta a qualidade, minimizando o desperdício de material. Esse método utiliza produtos industrializados e técnicas de instalação modularizada de peças padronizadas, e isso transforma o canteiro de obras em uma linha de montagem.

- O concreto celular termoacústico da Isobloco[*XIV] (Maceió, Alagoas): concreto para construções a seco sustentáveis, que reduz em até 50% o resíduo das obras; sem umidade, não gera mofo. Por ser um material com bom desempenho térmico, pode gerar ganhos de eficiência energética durante a obra da edificação.

- O processo produtivo industrializado com chapa de madeira OSB da Tecverde[*XV] (Araucária, Paraná): sistema construtivo industrializado que garante um controle maior na qualidade e precisão no uso de materiais. Reduz em 85% a geração de resíduos, em 90% o uso de água, e acelera em até três vezes o processo construtivo, uma vez que a produção fabril não sofre impacto com as condições climáticas. É um sistema de elevada produtividade e por ser composto de estrutura e fechamentos de madeira, tem grande potencial de sequestro de CO_2.

- Painéis para construção a seco da Módulo Sequencia[*XVI] (São Paulo): fabricação de painéis SIP (painéis isolados estruturais) para construção de moradias populares a seco. A construção a seco minimiza o consumo de água, o desperdício de materiais e otimiza o tempo da construção. Por ser um elemento estrutural, não necessita de estruturas de concreto e uso de formas de madeira. Dessa forma, minimiza a geração de resíduos durante a etapa de obra.

*XIII Ver ambarbrasil.com.br

*XIV Ver isobloco.com.br

*XV Ver tecverde.com.br

*XVI Ver modulosequencia.com

- Construção com blocos de gesso da Neogyp[*XVII] (Porto Nacional, Tocantins): sistema construtivo com alvenaria estrutural de gesso de elevada resistência e com bom desempenho termoacústico. Do ponto de vista ambiental, o sistema utiliza um material com grande disponibilidade no Brasil, o gesso mineral, e outro proveniente da reciclagem, o gesso químico. Por ser estrutural, não necessita do uso de concreto e formas de madeira, portanto minimiza a geração de resíduos nas obras.

*XVII Ver neogyp.com.br

- Sistemas de queima de cerâmica da Clean Automação[*XVIII] (São Paulo): a tecnologia e automação dos sistemas de queima possibilitam: melhora na qualidade do produto final; aumento da produtividade; economia da quantidade de biomassa utilizada; diminuição dos custos; redução das emissões de gases nocivos à saúde humana, como óxidos de nitrogênio (NOx) e óxidos de enxofre (SOx).

*XVIII Ver c-lean.com

- Placas recicladas da Ecolar (do Grupo Mangalô[*XIX], São Paulo): placas produzidas com materiais reciclados para a construção da estrutura de casas ecológicas.

*XIX Ver mangalo.org.br/ecolar

Para que esses sistemas tenham seu uso e difusão mais facilitados no mercado brasileiro, é importante que se inscrevam no Sistema de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais (SiNAT[*XX]) do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). Nesse processo, a empresa submete seu sistema construtivo a uma avaliação a ser realizada por uma Instituição Técnica Avaliadora (ITA). Ao final do processo, caso o sistema seja aprovado, a ITA emitirá um Documento de Avaliação Técnica (DATec). No DATec estarão presentes diversas informações sobre o desempenho (estrutural, térmico, acústico, ambiental etc.) e o processo de construção do sistema avaliado. Algumas dessas construtechs, como a Tecverde, já possuem seu DATec. Mais informações sobre o funcionamento do processo no SINAT e empresas já cadastradas podem ser encontradas na página do PBQP[*XXI].

Construção com panéis SIP

Fonte: Shutterstock

*XX Tem o objetivo de avaliar produtos novos e convencionais utilizados nos processos de construção no Brasil.

*XXI Ver pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php

D ETIQUETAGENS E CERTIFICAÇÕES

As etiquetagens e certificações disponíveis no mercado brasileiro estão a seguir apresentadas.

PBE Edifica

A etiqueta PBE Edifica faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e foi desenvolvida pelo INMETRO e a Eletrobrás/PROCEL Edifica. Quando o critério de desempenho avaliado é a eficiência energética, chama-se Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). A ENCE classifica as edificações em faixas que variam desde a mais eficiente (A) até a menos eficiente (E). No Brasil existem etiquetas para edificações residenciais, comerciais, de serviços, e edificações públicas. No caso das etiquetas residenciais, existem três tipos de etiqueta: a) A ENCE das unidades habitacionais autônomas, b) A ENCE das edificações multifamiliares e c) A ENCE das áreas de uso comum. A etiquetagem de edifícios públicos é obrigatória no âmbito nacional.

Selo Casa Azul

O Selo Caixa Azul, da Caixa Econômica Federal, indica que houve o uso racional de recursos naturais nas construções e a melhoria da qualidade da habitação. O Selo é uma classificação socioambiental que avalia 53 critérios divididos em seis categorias: Qualidade Urbana, Projeto e Conforto, Eficiência Energética, Conservação de Recursos Materiais, Gestão e Água de Práticas Sociais.

EDIF São Paulo

A Prefeitura do Município de São Paulo administra mais de três mil edifícios públicos e é responsável pela execução de diversas obras no município. Trata-se de um desafio enorme de planejamento, uso eficiente da energia, de água e de redução dos impactos ambientais na implantação dessas edificações. Por isso, criou um sistema de certificação local: o Selo EDIF, que premia aqueles edifícios que incluem medidas de sustentabilidade.

AQUA-HQE

O selo AQUA-HQE foi desenvolvido com base na certificação francesa *Haute Qualité Environnementale (HQE)* e adaptado ao contexto brasileiro. Aplicado no Brasil pela Fundação Vanzolini, avalia a qualidade ambiental em 14 categorias distintas: Meio Ambiente (edifício e seu entorno, produtos, sistemas e processos construtivos, canteiro de obras e resíduos); Energia e Economia (gestão da energia, água e manutenção); Conforto (higrotérmico, acústico, visual e olfativo); e Saúde e Segurança (qualidade dos espaços, do ar e da água). O selo pode ser concedido a edificações em construção, a edificações em operação, a bairros e a loteamentos.

EDGE

EDGE é um sistema de certificação de edifícios ecoeficientes, criado pela *Internacional Finance Corporation* (IFC), membro do grupo Banco Mundial. Ele permite a proprietários e equipes de projeto avaliarem as formas mais econômicas de incorporar opções de economia de energia e água nas edificações. Para que um edifício obtenha a certificação, deve comprovar uma redução estimada mínima de 20% no consumo de energia, 20% no consumo de água e 20% na energia embutida nos materiais, quando comparada à de edifícios convencionais.

LEED

Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) – Liderança em Energia e Desenho Ambiental – é uma certificação que avalia os seguintes critérios de um projeto: Localização e Transporte; Lotes Sustentáveis; Eficiência da Água; Energia e Atmosfera; Materiais e Recursos; Qualidade Interna dos Ambientes; Inovação e Prioridades Regionais. O sistema tem diversas categorias de análise, algumas delas são: LEED-NC (novas construções), LEED-EB (edificações existentes), LEED-CI (interiores em edificações comerciais), LEED-ND (bairros e desenvolvimento de comunidades), LEED-Schools (concepção e construção de escolas), LEED-Homes (residências unifamiliares e prédios multifamiliares de até 3 pavimentos). A avaliação resulta em uma pontuação que permite ao projeto ser certificado como Silver (50 a 59 pontos), Gold (60 a 79 pontos) e Platina (80 ou mais pontos).

BREEAM

Utilizado hoje em 80 países ao redor do mundo, com mais de 2.250.000 projetos registrados e mais de 565.000 certificados emitidos, o BREEAM foi o primeiro método de avaliação ambiental do mundo para edifícios. Lançado em 1990 pelo Building Research Establishment (BRE), uma organização multidisciplinar líder em ciências da construção, o BREEAM tem como objetivo fornecer soluções sustentáveis, incentivar uma abordagem holística à sustentabilidade, baseada em ciência sólida, e medir o que é importante, além de melhorar o desempenho ambiental. Serviu de base para muitos dos sistemas de certificação de edifícios verdes, incluindo LEED e Green Globes.

02

ESPAÇOS URBANOS PÚBLICOS

A PROJETO DE ESPAÇOS PÚBLICOS

Os espaços abertos, públicos ou privados, têm um papel fundamental para a qualidade de vida, saúde e economia dos habitantes de uma cidade. Eles proporcionam locais de encontro aberto a todos, sem discriminação, incentivam a realização de atividades ao ar livre, esportes, atenuam a poluição acústica e filtram o ar, além de trazer benefícios econômicos fiscais pelo aumento do valor dos imóveis nas proximidades.

Os parques e espaços públicos também contribuem para mitigar os efeitos de gases de efeito estufa. As superfícies verdes ou permeáveis contribuem para a infiltração da água, diminuindo o escoamento e limitando os riscos de inundações; os elementos verdes contribuem para redução do efeito ilha de calor, típico das cidades congestionadas e com alto uso de ar condicionado, melhoria da qualidade do ar e manutenção da biodiversidade.

No entanto, em muitas cidades, especialmente naquelas localizadas em países em desenvolvimento, esse tipo de espaço ainda representa uma parcela pequena do espaço urbano. Sob essa óptica, espera-se que as políticas públicas de ordenamento do solo e de planejamento urbano considerem a implementação de espaços públicos desenhados integralmente para a melhoria da qualidade de vida da população e da sustentabilidade ambiental, como, por exemplo, priorizar a revitalização de espaços obsoletos ou previamente usados (aterros sanitários, canteiros), principalmente em áreas socialmente esquecidas.

Os espaços públicos podem ser vistos como locais de oportunidade para a implementação de tecnologias e uso de materiais ambientalmente mais sustentáveis, bem como para a destinação de alguns tipos de resíduos que até então seriam descartados. Nessa óptica, o conhecimento desses materiais e tecnologias mais sustentáveis é fundamental para a sua difusão, tanto na esfera pública como na esfera privada.

EXEMPLO CONCRETO: PARQUE MADUREIRA, RIO DE JANEIRO

Localizado na cidade do Rio de Janeiro, o Parque Madureira foi construído em uma área carente de infraestrutura urbana de lazer. O Parque é totalmente sustentável e foi o primeiro a receber no Brasil o selo de qualidade ambiental AQUA-HQE para esse tipo de espaço. Possui uma ampla estrutura de lazer com skate, bosques e riacho, um centro de visitantes com iluminação oriunda de energia solar, um sistema de irrigação que evita desperdícios, aproveitamento de água de chuva e 400 lâmpadas LED.

Fonte: Shutterstock

Fonte: Rachel Soares (Flickr, 2014, CC BY-NC-ND 2.0)

B CIDADE-ESPONJA

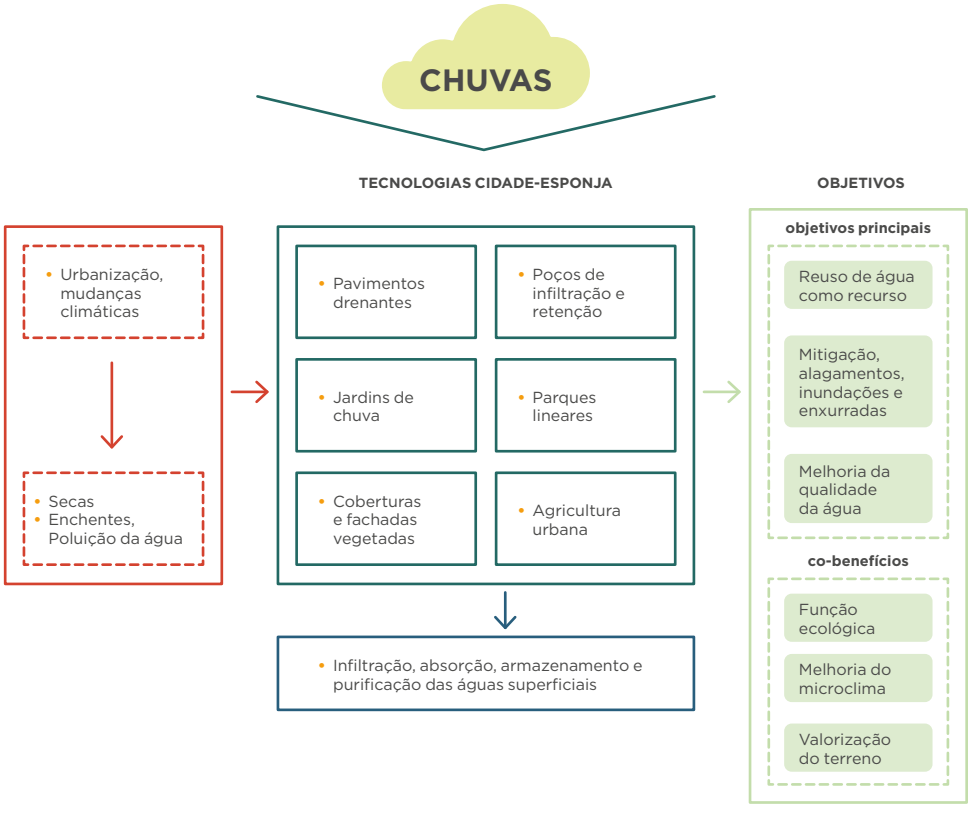
Conceito da cidade-esponja

Cidades-esponjas, também conhecidas como sistemas de drenagem urbana sustentáveis (SUDS por sua sigla em inglês) ou infraestrutura verde, podem ser definidas como cidades projetadas para que água da chuva seja mantida e absorvida no local onde ela cai (ou próximo a ele), ao invés de escoar, simulando o ciclo natural da água. Cidades com essa característica evitam, ou minimizam, os efeitos negativos de alagamentos (acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem), inundações (transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea) e enxurradas (escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte).

As cidades-esponjas combinam a infraestrutura tradicional, também chamada cinza (edifícios, ruas, entre outros) com elementos e tecnologias de infraestrutura verde. Alguns exemplos de infraestrutura verde são: pavimentos drenantes, coberturas, fachadas e muros vegetados, jardins de chuva, agricultura urbana, poços de infiltração e retenção, e parques. Esses elementos podem ser dispostos em edificações, bairros, ruas, parques, ou até mesmo entre duas cidades.

Esquema conceitual do funcionamento de uma cidade-esponja

Fonte: Lucas Rosse Caldas com base em [34]



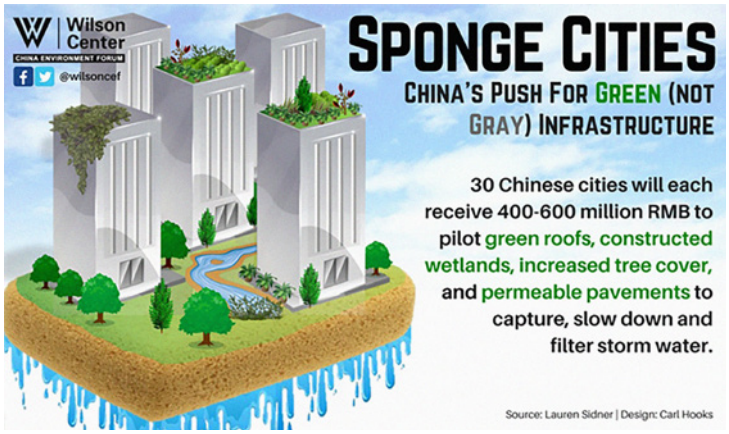
Benefícios:

- Redução da água escoada superficialmente, causa principal de alagamentos, inundações e enxurradas.
- Possibilidade de reaproveitamento de água.
- Potencial de melhorar a qualidade da água.
- Aumento da infraestrutura verde tem impactos indiretos na redução das ilhas de calor urbanas.
- Aumento da biodiversidade.
- Aumento de áreas de lazer para a população.
- Maior resiliência urbana aos impactos das mudanças climáticas.
- Menor erosão em encostas e margens dos corpos hídricos (rios, lagos etc.), com diminuição do efeito de assoreamento.
- Melhoria na qualidade da água doce subterrânea.

Desafios:

- Criação ou construção de banco de dados detalhados com informações confiáveis para a modelagem ambiental (no nível da bacia hidrográfica). Dados relevantes: solo, precipitação, radiação solar, ventos etc.
- Necessidade de equipe multidisciplinar: engenheiros, arquitetos, biólogos, geólogos etc.
- Integração entre diferentes órgãos municipais.
- Planejamento de longo prazo que permita a continuação dos estudos e políticas durante a troca da gestão municipal.
- Comunicação, participação e apropriação por parte da população antes, durante e depois da implementação.
- Quantificação dos benefícios, em termos monetários, o que é muito importante para atrair investidores privados.

No Brasil e em outras cidades da América Latina a prática corrente é o uso de algumas das soluções tecnológicas citadas, porém de forma isolada, com pouco grau de integração que permita um sistema de cidade-esponja. A cidade de Berlim, na Alemanha, é famosa por pensar no desenvolvimento de uma cidade-esponja de forma mais integrada, com a utilização de diferentes tecnologias desde 2007. A China, em 2014, criou o Programa Cidade-Esponja, o qual será implantado em 30 cidades para tratar problemas no manejo das águas da chuva. O governo chinês investiu entre US$ 50 a US$ 100 milhões nas cidades-pilotos selecionadas para o desenvolvimento dessas iniciativas [34].



Propaganda do Programa Cidade-Esponja

Fonte: [35]

Cabe aos governos municipais incluírem diretrizes a serem adotadas quando da transição para uma cidade com mais características de uma cidade-esponja em seus instrumentos de planejamento urbano, como o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), o Plano Diretor Municipal, o Plano de Bacia Hidrográfica e o Plano Ambiental Municipal.

A seguir estão expostos diversos exemplos concretos sobre como aplicar esse conceito na prática, especialmente em obras de espaços públicos como pavimentação permeável, jardins de chuva etc.

EXEMPLO CONCRETO:
LINGANG, CHINA

Lingang, uma área de 79 quilômetros quadrados perto do Mar da China Oriental, faz parte dos projetos do plano de "cidade-esponja", que visa aumentar a capacidade de bairros e ruas de capturar e armazenar água da chuva, e assim reduzir o impacto das estações chuvosa e árida na cidade.

Vista de satélite de Lingang, China

Fonte: Google Maps, 2019

A área possui um lago artificial, e suas ruas são projetadas como ondulações do lago. Todo o projeto está pensado para armazenar a água da chuva: os pavimentos sólidos foram substituídos por tijolos que deixam penetrar a água, mesmo nas ruas; abaixo dos jardins há piscinas que se formam da coleta da água da chuva; plantas e gramíneas são plantadas para purificar a água da chuva; a água purificada das piscinas é conectada às instalações de lavagem de carros de autoatendimento nos estacionamentos; um sistema de gerenciamento inteligente foi desenvolvido para melhor transferir e descarregar a água armazenada.

Com cerca de 5 quilômetros quadrados de novos parques, 40 quilômetros de novas vias navegáveis e lagos artificiais cobrindo 510.000 metros quadrados, estima-se que Lingang torne-se a maior zona piloto da "cidade das esponjas" da China.

Parque alagável dos Manguezais em Sanya, na China

Fonte: Divulgação Turenscape

Elementos da cidade-esponja

JARDINS DE CHUVA

O que são?

Um tipo de infraestrutura verde urbana que poderá atuar como uma bacia de infiltração ou retenção, dependendo do tipo de solo. A água é infiltrada entre as plantas, pedras e outros elementos do canteiro. Nessa infiltração são retidas partículas em suspensão assim como é permitida a absorção de poluentes, pela capacidade filtrante das plantas, devolvendo então a água mais limpa para o sistema.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Abastecimento do lençol freático.
- Diminuição do risco de enchentes, pela diminuição da quantidade e velocidade da água escoada da chuva.
- Irrigação das plantas e árvores.
- Aumento da umidade do ar (evapotranspiração).
- Diminuição das ilhas de calor.
- Melhorias estéticas para o local de implantação.
- Melhoria nos níveis de acumulação subterrânea de água doce.

Fonte: Shutterstock

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Dependendo das dimensões, seu impacto na redução de volume de água pode ser limitado.
- Requerem manutenção já que são susceptíveis de entupimento.
- São inadequados para áreas com declives acentuados.

Como utilizar essa solução?

- Avaliar o tipo de solo em termos de permeabilidade.
- Escolher espécies vegetais adequadas ao clima (de preferência nativas) e ao tipo de manutenção (tipo de raiz).
- Projetar estruturas de concreto, meio-fio e impermeabilização adequadas.
- Projetar extravasor para a retirada do excesso de água.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- A possibilidade de serem pensados em conjunto com pavimentos drenantes e mobiliários.
- A possibilidade de serem idealizados na forma de hortas orgânicas.
- A necessidade de manutenção, como poda das plantas, retirada de entulho e sedimentos.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
JARDIM DE CHUVA NO LARGO DAS ARAUCÁRIAS, SÃO PAULO

O jardim do Largo das Araucárias, no bairro de Pinheiros, na cidade de São Paulo, era um local onde foram dispostos escombros e entulhos de uma antiga construção. Por meio da iniciativa de ambientalistas e ativistas, foi transformado em uma praça, que tem um jardim de chuva, cujo projeto é da empresa Fluxo Design[36].

Arquitetura paisagística

Fonte: Foto/divulgaçao Cardim Arquitetura Paisagística

Após o crescimento das plantas

Fonte: Guilherme Castagna

Parque alagável de Qunli, na China

Fonte: Divulgação Turenscape

PARQUES LINEARES

O que são?

Intervenções urbanas construídas ao longo de um elemento linear, como, por exemplo, um curso d'água, uma antiga linha ferroviária, uma estrada. Geralmente possuem comprimentos maiores que sua largura (de onde vem o termo linear).

Quais são as vantagens em seu uso?

- Conexão com áreas verdes.
- Recuperação de corpos hídricos ou de antigas linhas de infraestrutura.
- Maior controle de inundações e enxurradas.
- Recuperação de áreas degradadas.
- Recuperação de ecossistemas e biodiversidade.
- Valorização das áreas ao entorno.
- Espaço de lazer para a sociedade.
- Diminuição do efeito de ilhas de calor nos centros urbanos.
- Possibilidade de desenvolvimento de diversas atividades ecológicas, educação ambiental e produção sustentável.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Geralmente implicam um investimento significativo, devido a sua extensão.
- Podem necessitar de coordenação entre municípios, em caso de abarcarem várias áreas.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Verificar a necessidade de eventuais reassentamentos e/ou desapropriações.
- Avaliar custos de implantação e manutenção.
- Elaborar e implementar plano de gestão, operação e manutenção do parque.
- Planejar iluminação pública eficiente e de baixo custo de operação, para estimular o uso da população.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
PARQUE LINEAR MACAMBIRA ANICUNS EM GOIÂNIA (GO)

O projeto do Parque Linear Macambira Anicuns, em vias de construção, teve início em 2003, com a criação do Programa Urbano Ambiental Macambira Anicuns (PUAMA), da Prefeitura Municipal de Goiânia. Uma das ações do PUAMA era recuperar as margens de dois corpos d'água fundamentais para a cidade de Goiânia: o córrego Macambira e o ribeirão Anicuns. O parque, parcialmente financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento, terá extensão de 24km, área de intervenção total de 385,5ha., potencial para beneficiar 350 mil habitantes e 131 bairros da região[37].

Parque Macambira Anicuns

Fonte: website Parque Macambira Anicuns

COLOCANDO EM PRÁTICA:
PARQUE LINEAR HIGH LINE, NOVA YORK, EUA

O *High Line Park*, em Nova York, Estados Unidos, baseia-se no reaproveitamento de uma seção de 2.500 metros de uma linha ferroviária abandonada. O *High Line* mostra como as cidades podem ter sucesso na transformação de uma infraestrutura industrial em desuso em um espaço público híbrido.

A sustentabilidade é um valor central do projeto, tanto na forma em que foi desenhado, como na forma em que é mantido. Por exemplo, a seleção de plantas privilegiou vegetação nativa, que requer baixa manutenção e tolera melhores períodos de seca; os materiais utilizados são de produção local; o sistema de telhado verde com irrigação por gotejamento é projetado para permitir que os canteiros retenham o máximo de água possível.

Fonte: Andrea Komodromos (Flickr 2018, CC BY-NC 2.0)

Este parque foi desenvolvido ao custo de US$ 260 milhões e gera US$ 900 milhões por ano em receita tributária para a cidade, atribuível ao aumento dos valores dos imóveis na região e às atividades turísticas [38].

Fonte: Clémentine Tribouillard

MUROS E FACHADAS VEGETADAS

Fonte: Shutterstock

O que são?

Um tipo de jardim vertical que utiliza espécies trepadeiras, pendentes ou outras para cobrir uma determinada superfície vertical. A planta pode estar afixada diretamente na parede ou em alguma estrutura de suporte ligada à parede. A vegetação pode ser plantada na base das estruturas ou da parede, diretamente no chão ou em jardineiras intermediárias fixadas ao longo da estrutura de suporte.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Melhora da resistência acústica e da qualidade do ar da região.
- Conforto psicológico criado pela sensação de bem-estar.
- Aumento da biodiversidade.
- Diminuição das ilhas de calor.
- Possibilidade de serem pensados de forma integrada com hortas urbanas.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- O custo de instalação é elevado, com exclusão do caso simples das plantas trepadeiras.
- A necessidade de manutenção é alta.

Como utilizar essa solução?

A tecnologia aplicável nas fachadas verticais depende do tipo de vegetação que se busca usar, classificada nos seguintes tipos:

- Plantas trepadeiras, que escalam usando gavinhas, hastes entrelaçadas ou ventosas que precisam de uma construção colocada em frente ao muro ao longo do qual possam crescer e escalar;
- Plantas penduradas que crescem de vasos no telhado ou na varanda (essas plantas requerem mais cuidados: fertilizantes, água e proteção contra geadas);
- Jardins de fachada verde, nos quais as plantas crescem de vasos presos à fachada ou de um substrato a ela ligado.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- As orientações das fachadas mais indicadas para a aplicação devem ser avaliadas.
- Seleção de espécies vegetais adequadas ao clima (de preferência nativas).
- Atenção para a manutenção da estrutura (afetada pelo tipo de raiz de uma planta, por exemplo).
- Escolha do método de irrigação mais adequado (manual ou automático) às condições de uso do muro ou da fachada.
- Acesso para manutenção do sistema.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
MURO VEGETADO DA AVENIDA 23 DE MAIO, SÃO PAULO

- **Outros critérios similares aos das coberturas vegetadas (Vide Seção A)**

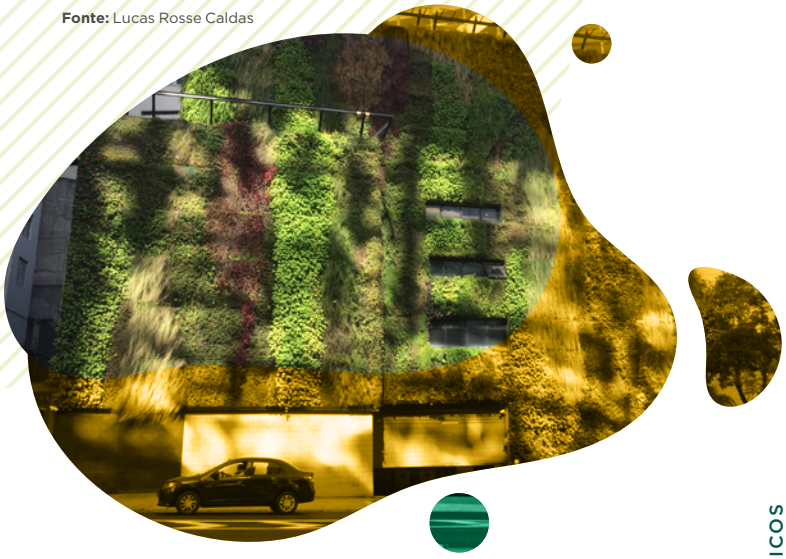
Seis quilômetros de muro receberam 251 mil mudas de 30 espécies diferentes, totalizando aproximadamente 11 mil metros quadrados. Trata-se de um dos maiores projetos executados no Brasil. Esse exemplo ensina que o sucesso de um projeto desse tipo está atrelado à gestão de uma manutenção adequada, e, de preferência, com uma parceria do tipo público-privada para diminuir os riscos de descontinuidade de manutenção. É importante que os benefícios trazidos com a instalação do muro verde (diminuição da ilha de calor, aumento da biodiversidade etc.) sejam avaliados e quantificados para que se considerem os custos de manutenção corretamente. Atualmente, o muro carece de manutenções e limpeza [39].

Fonte: Lucas Rosse Caldas

COLOCANDO EM PRÁTICA:
FACHADA VEGETADA DO ESTACIONAMENTO DO HOSPITAL SÍRIO-LIBANÊS, SÃO PAULO

Nesse projeto, localizado na Avenida 9 de Julho, na cidade de São Paulo, foram utilizadas diferentes espécies vegetais, conforme o grau de iluminação e sombreamento da fachada. A estrutura de suporte é de alumínio estrutural soldado, que é mais durável que outras estruturas, como aço. A irrigação é automatizada para facilitar a manutenção. A fachada foi executada em módulos, e em diversas etapas [39].

Fonte: Lucas Rosse Caldas



HORTAS URBANAS

O que são?

Forma de plantação de espécies alimentícias em espaços urbanos. Os projetos podem ser executados pela população local e é cada vez mais comum a parceria entre a Prefeitura e as empresas privadas. As hortas podem ser cultivadas em praças, ruas, parklets, coberturas, fachadas etc.

Fonte: Shutterstock

Quais são as vantagens em seu uso?

- Suporte à segurança e à soberania alimentar.
- Possibilidade de alimentação com produtos sem fertilizantes.
- Ambiente propício à requalificação de áreas degradadas.
- Potencial de geração de renda para a população local.
- Redução da necessidade de transporte de alimentos por longas distâncias, portanto também das emissões de gases de efeito estufa e dos custos com o transporte
- Potencial de interação social entre a comunidade local.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Necessidade de manutenção e cuidado.
- A quantidade de alimentos produzidos é, no geral, baixa.

Como utilizar essa solução?

- Escolher o local de implantação com base em critérios econômicos e sociais.
- Atentar para a escolha de espécies adaptadas ao clima da região e que requerem pouco cuidado.
- Pensar em soluções construtivas compatíveis com coberturas e/ou muros/fachadas verdes.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Planejar a gestão da horta: manutenção e cuidado adequados.
- Avaliar processos orgânicos e alinhados com os conceitos de agroecologia.
- Avaliar o uso de irrigação automatizada, de baixo consumo de água; ou a técnica de hidroponia.
- Planejar um sistema de reutilização de fertilizantes originados do processo de compostagem.
- O fato de poderem estar integradas a programas educacionais (implantação em escolas), programas de assistência social para pessoas em situação de vulnerabilidade, entre outros.

Especificações técnicas e normatividade

A implementação de hortas ou fazendas urbanas pode ser vista como uma iniciativa para compensação ambiental, amparada no Decreto Federal 9.179/17[*XXII].

*XXII Ver brazillab.org.br/portfolio/cba-sementes

COLOCANDO EM PRÁTICA:
SHOPPING ELDORADO, SÃO PAULO

Uma cobertura vegetada, na forma de horta urbana, que ajuda a economizar energia com o ar-condicionado e promove a compostagem dos 400kg de comida descartados diariamente na praça de alimentação e restaurantes do shopping. A produção pode ser consumida pelos funcionários do shopping.

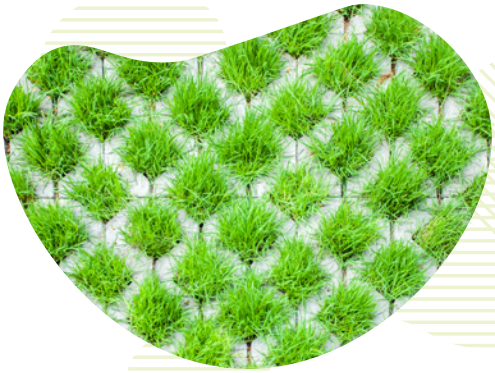
Horta urbana hidropônica

Fonte: Shutterstock

PAVIMENTOS DRENANTES

O que são?

Materiais permeáveis que facilitam a água escoar através da superfície. Podem ser utilizados para diferentes usos: trânsito de pedestres, tráfego de veículos leves, uso misto, ciclovias, praças e construídos com diferentes materiais e soluções. Em geral, se dividem em dois grandes tipos: (1) pavimentos intertravados com juntas permeáveis (telhas ou blocos de concreto, tijolo, cerâmico, plásticos, entre outros); (2) pavimentos permeáveis produzidos com material poroso (borracha, grava com resina, serragem, cascalho, entre outros).



Fonte: Shutterstock

Quais são as vantagens em seu uso?

- Redução do escoamento superficial de águas de chuva e, consequentemente, do impacto de enchentes.
- Redução da necessidade de tanques de retenção de água pluvial, devido ao aumento da área permeável do terreno.
- Recuperação da capacidade filtrante do solo, realimentando o aquífero subterrâneo.
- Mitigação do efeito da ilha de calor nos centros urbanos, uma vez que os vazios do concreto podem acumular calor, ajustando então a temperatura e umidade da superfície.
- Possibilidade de serem especificados em diferentes cores.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Dependendo da tecnologia, podem ser mais caros.
- Os requisitos de manutenção do pavimento permeável são maiores.

Como escolher/dimensionar essa solução?

- Conhecer os dados de tráfego do local de implantação é fundamental para selecionar a classe de resistência correspondente à devida aplicação.
- É necessário saber dados do subleito (o tipo de solo, a capacidade de suporte e o coeficiente de permeabilidade) para o correto dimensionamento e especificação do sistema.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Disponibilidade de fornecedores.
- Necessidade de manutenção do piso para remoção de sedimentos, a fim de evitar a colmatação (entupimento) dos poros.
- Projeto de sistema de drenagem para solos pouco permeáveis.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
PARQUE SHOPPING BARUERI, SÃO PAULO

O estacionamento do Parque Shopping Barueri, na região metropolitana de São Paulo, conta com cerca de 22 mil m² de pavimento intertravado permeável. Até 2013 foi a maior área desse tipo de piso no país [40].

Placa de pavimento de concreto poroso

Fonte: Lucas Rosse Caldas

Uso de pavimentos intertravados de concreto

Fonte: Foto/ Divulgação Parque Shopping Barueri

C OUTROS ESPAÇOS PÚBLICOS

Fonte: Shutterstock

Parklets

O que são?

Trata-se de uma ampliação do passeio público, por meio da implantação de plataforma sobre a área antes ocupada pelo leito carroçável da via pública. Segundo a definição da Prefeitura de São Paulo (Art. 2º do Decreto 55.045/14), essa área é equipada com bancos, floreiras, mesas, cadeiras, guarda-sóis, aparelhos de exercícios físicos, paraciclos, e outros elementos de mobiliário público para fins de recreação ou de manifestações artísticas.

Onde convém utilizar essa solução?

Em lugar de espaços de estacionamento, de forma semipermanente ou para eventos específicos.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Mais espaço para a convivência de pedestres.
- O fato de serem utilizados como espaço-piloto para o teste de tecnologias sustentáveis.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Em média, um parklet usa de um a dois lugares de estacionamento, o que pode causar congestionamento, se sua inserção não for acompanhada de outras medidas para redução do tráfego veicular.
- Por sua natureza, se posicionam ao lado de uma rua. Isso pode significar que o ar seja mais poluído, o ambiente ruidoso e não muito seguro para crianças.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- A facilidade e custo de instalação do sistema construtivo.
- O custo e a responsabilidade pela manutenção.
- Utilização de materiais reciclados, como madeira plástica.
- A possibilidade de serem integrados a espaços de hortas urbanas, com o uso de tecnologias mais eficientes como lâmpadas LED.
- O prazo de renovação da licença na Prefeitura.

Fonte: San Francisco Planning Department (Flickr 2012, CC BY-SA 2.0)

COLOCANDO EM PRÁTICA:
DIVERSAS CIDADES DO BRASIL JÁ POSSUEM PARKLETS INSTALADOS

No Brasil, o início dos parklets se deu na cidade de São Paulo. O conceito foi introduzido em 2012, como parte das comemorações do Dia Mundial Sem Carro, e a primeira implantação desse equipamento urbano ocorreu em 2013, em caráter de teste.

Em 2014, foi publicado o Decreto Municipal 55.045, tornando o parklet uma política pública do município paulistano. Atualmente, no Brasil, além da cidade de São Paulo, já existem projetos de parklets executados em Porto Alegre*XXIII, no Rio de Janeiro, em Recife, Belo Horizonte, Goiânia, Fortaleza, Rio Branco, Curitiba, entre outras cidades.

Parklets em São Paulo

Fonte: Lucas Rosse Caldas

*XXIII Ver alfa.portoalegre.rs.gov.br/smpe/projetos/parklets

Fonte: Clémentine Tribouillard

Ciclovias

O que são?

Vias criadas para facilitar o tráfego de ciclistas. Entre as soluções que visam melhorar a sustentabilidade de uma cidade, as de mobilidade desempenham papel fundamental. A promoção do uso de bicicletas, por meio de uma rede urbana de ciclovias, é uma estratégia simples e eficaz.

Fonte: Shutterstock

Quais são as vantagens em seu uso?

- Facilitam o transporte de ciclistas, reduzem o congestionamento, a poluição e melhoram a saúde da população.
- Promovem redução de emissões de gases do efeito estufa e outros poluentes.
- Os investimentos para promover o uso da bicicleta, como ciclovias e sistemas compartilhados de bicicleta, são de baixo custo e alto rendimento.

Quais são as desvantagens em seu uso?

A instalação de ciclovias pode resultar em eliminação de espaços de estacionamento, e/ou estreitamento das faixas de circulação de veículos automotores.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Arquitetura de uma rede de ciclovias em nível urbano
- Custos de instalação e manutenção dos diferentes materiais, entre eles concreto, aço, madeira, ou uma escolha mista.
- Realização de manutenções periódicas.

D OUTROS ELEMENTOS SUSTENTÁVEIS

Pavimentação com materiais reciclados

ASFALTO BORRACHA

O que é?
A pavimentação feita com pneus reciclados. No Brasil existem muitos pneus obsoletos que precisam de uma destinação final adequada. Algumas empresas desenvolveram tecnologia para sua reciclagem, utilizando-os na produção de materiais à base de borracha, principalmente para a pavimentação.

Quando convém utilizar essa solução?
Pode ser utilizado para a produção de mantas acústicas para edificações, ou pisos para espaços infantis ou asfalto, no caso do asfalto borracha.

Quais são as vantagens em seu uso?
- Reciclagem de resíduos que podem causar graves impactos no meio ambiente. É estimado que são reciclados 5 pneus a cada metro quadrado de pisos de borracha, e 1.000 pneus para cada km de asfalto borracha.
- Economia de recursos naturais.
- Durabilidade: são apontados como mais duráveis que asfaltos comuns.
- Menor custo no ciclo de vida: ainda que os custos de implantação sejam superiores aos custos dos asfaltos comuns, a menor necessidade de manutenção ao longo do ciclo de vida do pavimento resulta em menor custo em longo prazo.

Quais são as desvantagens em seu uso?
- Custo inicial é superior ao do asfalto tradicional.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?
- Disponibilidade local e custos de fornecedores.
- Avaliação do cumprimento dos critérios mínimos de uso.
- Para pavimentação de playgrounds: avaliação da espessura mínima de amortecimento.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
EMPREGO DE ASFALTO BORRACHA EM TRECHOS DE RODOVIAS BRASILEIRAS

Muitos dos playgrounds no Brasil já utilizam pisos originados de pneus reciclados. Alguns trechos de rodovias já foram executados com o uso de asfalto borracha: Planalto das rodovias Imigrantes (km 12 ao 40); Anchieta (km 10 ao 40); na serra da via Anchieta (km 40 ao 55); recapeamento do trecho de baixada da Imigrantes (km 55 ao 70); na rodovia Cônego Domênico Rangoni (km 270 ao 248).

Piso de borracha para playgrounds de pneus reciclados

Fonte: Shutterstock

PAVIMENTAÇÃO OBTIDA POR RECICLAGEM DE RESÍDUOS CLASSE A

O que é?

No Brasil, os resíduos da construção e demolição (RCD)[*XXIV] ou resíduos da construção civil (RCC) são classificados em quatro categorias segundo a resolução nº 307 de 2002 do CONAMA [42]. Entre esses resíduos, há os de Classe A, aqueles que podem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, dispostos de modo que permitam a sua utilização ou reciclagem futura. Esses resíduos são gerados em maiores volumes, portanto é importante sua reciclagem para algum uso.

*XXIV Mais detalhes sobre os tipos de RCD são apresentados no capítulo seguinte: CANTEIROS DE OBRAS.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Utilizam materiais reciclados.
- Diminuem a quantidade de resíduos enviados para aterros de resíduos inertes.
- Evitam o consumo de recursos naturais virgens.
- Alguns agregados reciclados são mais baratos do que os agregados convencionais.

Execução de pavimento em uma comunidade

Fonte: ABRECON[*XXV]

*XXV Ver abrecon.org.br/programa-calcada-nova-recuperando-passeios-com-agregado-reciclado-e-apoio-da-comunidade-de-ermelino-matarazzo

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Variabilidade e heterogeneidade do material produzido.
- Tendência a uma grande variação de custos.

Quais são os fatores a levar em consideração para a implementação?

- Verificar disponibilidade de usinas de reciclagem próximas à região de aplicação.
- Avaliar qualidade do agregado reciclado.
- Avaliar granulometria do agregado.
- Avaliar o atendimento de critérios de desempenho e durabilidade.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
MUTIRÃO MARIO COVAS, SÃO PAULO

A Prefeitura de São Paulo, por meio da Secretaria de Coordenação das Prefeituras Regionais, organizou o mutirão Mário Covas, com o objetivo de promover a qualificação de moradores para a recuperação de passeios em frente as casas e outras melhorias para melhor circulação de pedestres. A ação foi uma colaboração com fornecedores de cimento da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), e de doadores de pedra e areia reciclada adequada à construção e à reforma das calçadas[*XXVI].

Processo de reciclagem de resíduos clase A para a produção de agregados

Fonte: Shutterstock

*XXVI Ver abrecon.org.br/programa-calcada-nova-recuperando-passeios-com-agregado-reciclado-e-apoio-da-comunidade-de-ermelino-matarazzo

MADEIRA PLÁSTICA

O que é?

Um material mesclado desenvolvido para ser um potencial substituto da madeira virgem convencional. Na sua produção são utilizados plásticos de resíduos domésticos e industriais, e fibras vegetais como de coco, sisal, juta e resíduos como a serragem. Pode ser usada para diversos fins: pavimentos, mobiliário, paisagismo etc.

Fonte: Shutterstock

Quais são as vantagens em seu uso?

- Utiliza materiais reciclados.
- Dispensa manutenção, por exemplo, com vernizes.
- É resistente à água.
- Possui diferentes opções de cores e modelos.
- Construção pré-fabricada modular que melhora os tempos de implementação.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Sua aparência pode confundi-la, obviamente, com madeira falsa.
- Não é resistente a mofo e bolor, especialmente à sombra.
- Tende a ceder e dobrar mais que a madeira.
- Não possui boas propriedades de isolamento térmico e acústico.

Quais são os fatores a considerar para sua implementação?

- Disponibilidade de fornecedores.
- Local de aplicação.
- Especificação da cor desejada.
- Custos de aquisição e instalação.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
DECKS DA LAGOA RODRIGO DE FREITAS, RIO DE JANEIRO

O uso de madeira plástica já é comum em muitos parques, inclusive em decks, próximos aos corpos d'água. Um exemplo são os decks da Lagoa Rodrigo de Freitas, na cidade do Rio de Janeiro, que são visitados diariamente por muitos turistas e moradores.

Fonte: Shutterstock

PAVIMENTOS EFICIENTES PARA GERAÇÃO DE ENERGIA

O que são?

Tecnologias emergentes de pavimentos capazes de gerar energia em escala micro, por meio do aproveitamento de energia solar (painéis fotovoltaicos específicos para uso em pavimentação e que suportam veículos leves e pesados); e da energia em vibração resultante do movimento de ciclistas e pedestres. Esses pavimentos podem ser utilizados para prover a iluminação do espaço público, por exemplo, e instalados em ciclovias, calçadas, praças etc.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Geração de energia.
- Economia de gastos com iluminação.

Quais são as desvantagens em seu uso?

Tecnologia em desenvolvimento e, por isso, ainda com alto custo.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Disponibilidade de fornecedores.
- Custos de instalação e manutenção.
- Necessidade de manutenções periódicas.
- Tempo de retorno sobre o investimento.

Primeira faixa de ciclo solar no mundo, criada pela empresa SolaRoad na cidade de Krommenie, na Holanda

Fonte: Shutterstock

COLOCANDO EM PRÁTICA:
PONTE DO RIO BELÉM EM CURITIBA, PARANÁ

A vibração causada pelo movimento gera energia, a qual é utilizada na iluminação do caminho ao longo do trajeto. A tecnologia gera economia com energia e fornece iluminação ao parque, além de permitir a medição do tráfego nas pistas[*XXVII].

*XXVII Ver mtbbrasilia.com.br/2018/07/24/curitiba-testa-nova-ciclovia-com-piso-gerador-de-energia-eletrica

Ciclovia que gera energia pelo movimento, na cidade de Curitiba

Fonte: Foto: Cesar Brustolin/SMCS – Divulgação: Ciclo Vivo

Mobiliário

USO DE PNEUS REUTILIZADOS

Fonte: Shutterstock

O que é?

Consiste no reaproveitamento de pneus obsoletos que seriam descartados. Normalmente são utilizados na confecção de equipamentos para *playgrounds* ou outros mobiliários como bancos e mesas. Recebem acabamento com tinta específica.

Quais são suas vantagens?

- Ameniza o impacto ambiental dos pneus descartáveis que é muito elevado.
- Estimula a consciência ambiental nos usuários do espaço.
- Rápida execução.
- Materiais de baixo custo.

Quais são as desvantagens em seu uso?

A estética dos pneus pode não se alinhar ao projeto.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Disponibilidade de fornecedores próximos.
- Uso de tintas não poluentes e atóxicas.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
DIVERSOS ESPAÇOS NO BRASIL

O uso de pneus para confecção de mobiliário urbano, principalmente em áreas de recreação infantil, já é uma realidade no Brasil. Em algumas cidades, como é o caso do Rio de Janeiro, já existe pontuação para concursos de projetos que utilizem essa solução em espaços públicos, como parques e praças.

Pneus em espaço infantil

Fonte: Shutterstock

USO DE PALETES REUTILIZADOS

Mobiliário urbano de paletes reutilizados na Ciudad Juárez, México

Fonte: Foto/ Pinterest revista aU – Arquitetura & Urbanismo

O que é?

Consiste no reaproveitamento de paletes de madeira ou plásticos para a produção de diversos tipos de mobiliário urbano (bancos, mesas, painéis etc.).

Quais são suas vantagens?

- Destinação de materiais que seriam descartados.
- Prevenção do consumo de madeira ou plástico virgem.
- Versatilidade de produtos e usos.
- Rápida execução.
- Potencial de criar produtos leves.
- Projetos podem ser temporários e adaptáveis.
- Processo que gera poucos resíduos.
- Estímulo da consciência ambiental nos usuários do espaço.

Quais são suas desvantagens?

- A estética dos paletes pode não estar alinhada ao projeto.
- Baixa durabilidade e demanda de manutenções.
- Alguns deles são tratados com sulfato de cobre para protegê-los contra insetos, composto tóxico para uso em móveis de interior, o que requer atenção antes de usá-los.

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Disponibilidade de fornecedores próximos.
- Qualidade dos paletes reaproveitados.
- Necessidade de tratamento dos paletes, como lixamento e limpeza.
- Para produtos de paletes de madeira: pensar na vida útil requerida e nos tipos de tratamentos necessários e manutenção, como verniz e stain para proteção contra intempéries.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
MOBILIÁRIO EM GOIÂNIA, GOIÁS

No Brasil, o reaproveitamento de paletes de madeira para produção de diversos tipos de mobiliário urbano já é uma prática comum, podendo ser visto em praças, parques, feiras, eventos esportivos, culturais, entre outros. Podem ser utilizados em eventos noturnos com projeto luminotécnico adequado.

Painel de uma feira de paletes reutilizados – Evento na cidade de Goiânia

Fonte: Lucas Rosse Caldas

USO DE CONTAINERS REUTILIZADOS

Playground de container em Las Vegas, Estados Unidos

Fonte: Shutterstock

O que é?

Consiste no reaproveitamento de containers marítimos para a produção de móveis ou espaços de serviços (cafés, bares, lanchonetes etc.).

Quais são suas vantagens?

- Redirecionamento e destinação a containers que seriam descartados.
- Rápida montagem.
- Processo gerador de poucos resíduos.
- Possibilidade de ser pensado em projetos modulares, móveis e adaptáveis.

Quais são suas desvantagens?

- A readaptação dos containers pode ser cara e requerer tempos longos.
- Baixa performance em termos de conforto térmico e acústico, o que pode levar a um maior consumo de energia para condicionamento de espaços, caso seja preciso.
- Pouca flexibilidade e dificuldade em realizar conexões verticais (em casos de empilhamento, por exemplo).

Quais fatores devem ser considerados para sua implementação?

- Disponibilidade de fornecedores na região.
- Necessidade de tratamento térmico, acústico, anticorrosivo etc., dependendo da finalidade.
- Uso de cores claras nas fachadas ou tintas frias para evitar excesso de calor no interior.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
PARKLETS DE CONTAINERS REUTILIZADOS EM BELO HORIZONTE (MG)

A construção do parklet, incluindo os recortes, a estruturação, a pintura e a construção dos móveis internos, demorou cerca de 10 dias úteis e a instalação apenas 3 horas. O custo da construção foi similar ao de qualquer outro parklet construído com materiais tradicionais. O tempo de execução e montagem foi o grande diferencial: um terço ou menos que o tempo usualmente necessário.*XXVIII

*XXVIII Ver minhacasacontainer.com/2015/08/24/parklet-em-container/

Fonte: Foto/ Divulgação website Minha Casa Container

Iluminação

LÂMPADAS LED

O que são?

As lâmpadas *Light Emitting Diodes* (LED) são um componente eletrônico que produz luz com baixo consumo de energia. Seu uso é mais econômico porque tem eficiência luminosa maior do que a das outras lâmpadas. São adequadas tanto para áreas internas como para externas.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Menor consumo de energia.
- Economia de custos.
- Maior vida útil do que a das lâmpadas incandescentes e fluorescentes.
- Maior conforto visual.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Alto custo inicial.
- Algumas pessoas preferem o brilho quente das luzes incandescentes ou alógenas, embora isso possa ser resolvido usando LEDs que o imitem.

Quais fatores devem ser considerados para seu uso?

- Observação de vida útil adequada (pelo menos 50.000 horas).
- Avaliação do tempo de retorno do investimento.

COLOCANDO EM PRÁTICA:
PARQUE ECOLÓGICO DE ÁGUAS CLARAS, DISTRITO FEDERAL

A Companhia Energética de Brasília (CEB) informou que serão, ao todo, 357 luminárias LED no parque. Espera-se uma economia em 40% do consumo. O investimento será de R$ 240 mil, com o tempo de retorno estimado em dois anos*XXIX.

Parque Ecológico de Águas Claras, no DF

Fonte: Divulgação blog Bombeiros DF

*XXIX Ver metropoles.com/distrito-federal/iluminacao-do-parque-de-aguas-claras-sera-feita-com-lampadas-de-led

POSTES FOTOVOLTAICOS

O que são?

Postes com uma placa fotovoltaica integrada, utilizados para a iluminação de espaços públicos. Normalmente já vêm com bateria e lâmpadas LED. Durante o dia, a energia carrega a bateria e a lâmpada se mantém apagada. Ao anoitecer, a luminária é acionada.

Quais são as vantagens em seu uso?

- Economia de energia e custos de operação.
- Autonomia da luminária.
- Economia com cabeamento.

Quais são as desvantagens em seu uso?

- Alto custo inicial.

Quais são os fatores a levar em consideração para a implementação?

- Condições climáticas da região.
- Tempo de retorno, considerando a perda de eficiência dos sistemas.
- Necessidade de poda nas árvores próximas (que podem ocasionar sombreamento).
- Disponibilidade de fornecedores confiáveis (atentar para o prazo de garantia e vida útil).
- Necessidade de manutenções.
- Ver as caraterísticas apresentadas anteriormente para as lâmpadas LED.

Fonte: Shutterstock

COLOCANDO EM PRÁTICA:
PARQUE DAS ÁGUAS DE PINHAIS, CURITIBA (PARANÁ)

Foram instalados 363 postes e luminárias na parte interna do parque: estacionamento, pista de caminhada, ciclovia e área central. No sistema aplicado no parque, a luminária é autônoma e não utiliza energia da rede elétrica. Cada conjunto consegue gerar energia (placas fotovoltaicas), armazenamento de energia (bateria) e iluminação eficiente (lâmpadas LED). Estima-se uma economia de até R$ 50 mil por ano*XXX.

Fonte: Foto/Divulgação Prefeitura de Pinhais

*XXX **Ver** agoraparana.com.br/noticia/iluminacao-com-energia-solar-economiza-ater-50-mil-por-ano-no-parque-das-aguas

E CERTIFICAÇÕES

LEED Neighborhood Development

O LEED para o Desenvolvimento do Bairro (LEED ND) foi projetado para inspirar e ajudar a criar bairros melhores, mais sustentáveis e bem conectados. Seu foco vai além da escala dos edifícios e considera comunidades inteiras.

LEED for CITIES and COMMUNITIES

O LEED para cidades e o LEED para comunidades fornecem às cidades e às comunidades uma maneira global consistente de medir e comunicar o desempenho.

SITES

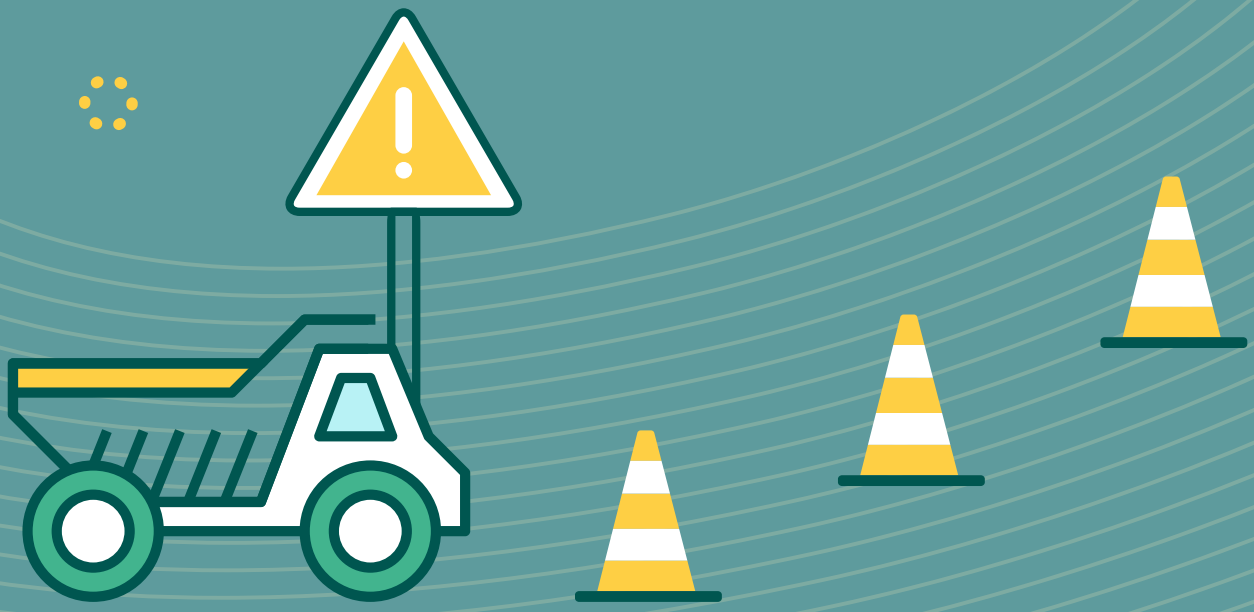
A Sustainable Sites Initiative (SITES), administrada pela Green Business Certification Inc. (GBCI), oferece um sistema abrangente de classificação projetado para distinguir paisagens sustentáveis, medir seu desempenho e elevar seu valor.

A certificação SITES é para projetos de desenvolvimento localizados em locais com ou sem prédios – desde parques nacionais a campus corporativos, de paisagens urbanas a residências, entre outros. Com o objetivo de alinhar o desenvolvimento e o gerenciamento da terra com o design sustentável e inovador, o SITES é usado por arquitetos paisagistas, designers, engenheiros, arquitetos, desenvolvedores, formuladores de políticas e outras categorias de profissionais.

A terra é um componente crucial do ambiente construído e pode ser planejada, projetada, desenvolvida e mantida para proteger e aprimorar os benefícios que derivam de paisagens saudáveis. O SITES ajuda a criar comunidades ecologicamente resilientes e beneficia o meio ambiente, os proprietários, as comunidades, e economias locais e regionais.

03

CANTEIROS DE OBRAS



A busca pela sustentabilidade no canteiro de obras incentiva melhorias em toda a cadeia produtiva do setor da construção civil, impactando fornecedores de materiais e de serviços, construtoras concorrentes e parceiras, agentes financiadores, clientes, funcionários, vizinhança, empresas de destinação de resíduos, entre outros.

A inclusão de práticas sustentáveis nos canteiros de obra se inicia durante a etapa de projeto, passando pela escolha dos sistemas construtivos, pela definição do *layout* do canteiro, escolha de fornecedores, até a seleção de técnicas e tecnologias para execução das obras.

Os dois grandes eventos recentes que ocorreram no Brasil – Copa Mundial de Futebol (em 2014) e Olimpíadas (em 2016) – demandaram construção e reforma de muitos estádios e arenas esportivas. Em algumas dessas obras foi possível testar ou aplicar materiais, tecnologias e procedimentos para a produção de canteiros mais sustentáveis, como construção industrializada, uso de agregados reciclados, uso de equipamentos mais eficientes, reaproveitamento da água de chuva etc.

Obra de uma das arenas do Parque Olímpico, Rio de Janeiro, 2014

Fonte: Shutterstock

O seguinte capítulo abordará aspectos de sustentabilidade importantes para serem pensados nos canteiros de obras, inclusive gerenciamento.

A GESTÃO DA QUALIDADE

A Gestão da Qualidade durante uma obra é essencial para uma construção mais sustentável. Um processo mais controlado, com foco na melhoria contínua, baseado nos princípios da metodologia PDCA (sigla em inglês para Planejar, Fazer, Checar e Agir), traz importantes vantagens.

Por exemplo, por meio do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H)*XXXI pode se implementar um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ)*XXXII, cuja implementação gerará uma obra mais limpa e com um maior controle dos processos, materiais e serviços. Em outras palavras, um SGQ possibilita edificações ou obras de infraestrutura de melhor qualidade, com um produto que tende a ser mais durável e que demande menos manutenções ao longo do seu ciclo de vida. Por isso, a empresa que utiliza o sistema SGQ recebe reconhecimento do mercado e clientes.

O PBQP-H é um programa do governo brasileiro que tem o objetivo de melhorar a qualidade do setor da construção civil e ao mesmo tempo estimular a modernização produtiva.

*XXXI **Ver** pbqp-h.cidades.gov.br

*XXXII **No SGQ são definidos:**
a) Plano de Qualidade da Obra (PQO),
b) Procedimentos Operacionais de Serviços (POS), e
c) Procedimentos de Execução de Serviços (PES).

Fonte: Shutterstock

Fonte: Shutterstock

B CONSUMO DE RECURSOS NATURAIS E MATERIAIS

Consumo de recursos naturais

Entre os principais recursos naturais utilizados em uma edificação, podem ser citados: água, energia e agregados naturais (areia, brita etc.). Tal é a relevância desse assunto, que o próprio PBQP-H tornou obrigatório o monitoramento de indicadores, como o consumo de energia elétrica ou água/m² por área construída, e o consumo de energia elétrica ou água por funcionário. Esses e outros indicadores (apresentados na tabela) são importantes para medir o consumo desses recursos em diferentes etapas da obra. A atenção a seu monitoramento permite a identificação de diferentes medidas para maior eficiência no consumo desses recursos, ao mesmo tempo em que estimulam a melhoria contínua do ponto de vista da sustentabilidade.

Em relação aos agregados naturais, já é comum em algumas empresas de construção a substituição por agregados reciclados de resíduos classe A, que foram apresentados anteriormente, no capítulo "Espaços urbanos públicos". A reciclagem pode ser realizada em usinas específicas ou dentro do canteiro, dependendo das condições locais.

Planilha para cálculo de indicadores de sustentabilidade no canteiro de obras

Fonte: Lucas Rosse Caldas

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO
Volume resíduos (m³) / trabalhador	0,29	0,58	0,39	0,65	
Volume resíduos (m³) / m² área construída	0,05	0,10	0,13	0,26	
Volume água (m³) / trabalhador	0,19	0,25	0,24	0,19	
Volume água (m³) / m² área construída	0,03	0,04	0,08	0,05	
Energia elétrica (kWh) / trabalhador	43,04	13,48	67,03	48,40	
Energia elétrica (kWh) / m² área construída	6,99	2,36	22,37	12,39	

Consumo de materiais

Cimento, concreto, cal, aço, cerâmica, madeira industrializada são materiais classificados como os principais em uma curva ABC (curva que classifica os materiais e insumos mais significativos no orçamento de uma obra), portanto é fundamental que sejam controlados com maior cuidado. Esse controle é realizado nas seguintes etapas: especificação, recebimento, inspeção, transporte, armazenamento e aplicação do material.

Além da relevância econômica, esses materiais são apontados como aqueles com elevados valores de energia e carbono incorporados. Por isso, minimizar o consumo desses materiais resulta em uma diminuição dos impactos ambientais da edificação. Um estudo de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de um projeto de edificações permite estimar tanto a percentagem de energia e carbono incorporados nos materiais quanto a energia e carbono relativos à operação da edificação.

É fundamental o uso de materiais de empresas qualificadas e classificadas nos Programas Setoriais de Qualidade (PSQs[*XXXIII]). A escolha de fornecedores classificados nos PSQs do PBQP-H é de extrema importância, pois aumenta a probabilidade de adquirir materiais de melhor qualidade e desempenho, aferidos de acordo com as normas brasileiras. A tabela apresenta um exemplo de empresas qualificadas no PSQ de Blocos Cerâmicos.

*XXXIII A qualificação e classificação da empresa no PSQ garante que ela atende a todas as normas técnicas necessárias para a fabricação de um produto específico.

Ver
pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_simac_psqs.php.

Empresas qualificadas no PQS de Blocos Cerâmicos

Fonte: PBQP-H

EMPRESAS QUALIFICADAS	UF	PRODUTO	TAMANHO (CM)
Cerâmica Assunção CNPJ: 35.093.301/0001-91 (85) 3377-1262 grupotavares.ind.br	CE	Estrutural Vedação	14x19x29 09x19x19
Cerâmica Aquiraz CNPJ: 03.019.012/0001-56 (85) 3377-1262 Ambiental@grupotavares.ind.br	CE	Vedação	09x19x19
Cerâmica Caucaia CNPJ: 01.650.260/0001-75 (85)3368-6162 Ceramicacaucaia@gmail.com	CE	Estrutural Vedação	14x19x29 09x19x19
Cerâmicas Torres CNPJ: 05.328.117/0001-12 (88) 3614-3311 Fernando@ceramicatorres.com.br	CE	Vedação	9x19x19

C GESTÃO DE FORNECEDORES

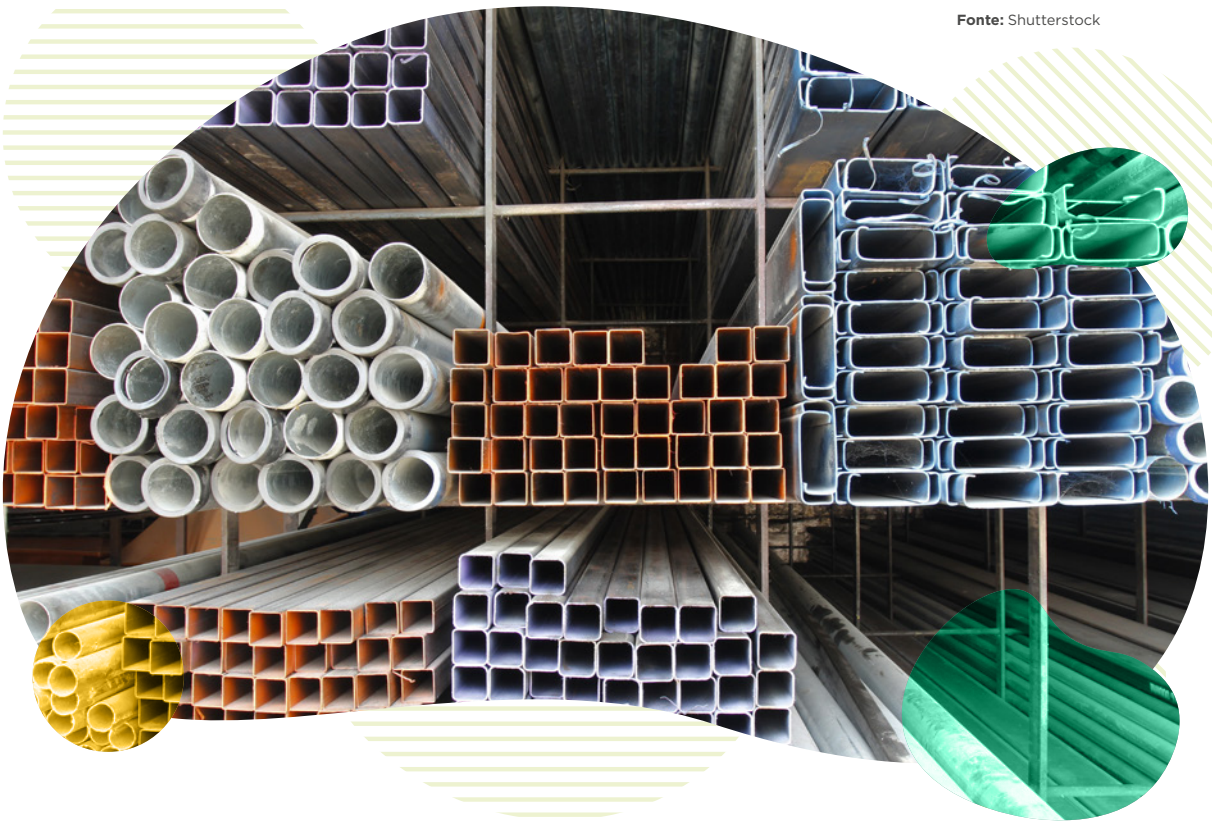
Como grande parte dos impactos ambientais, sociais e econômicos estão ligados aos materiais utilizados em uma obra, é necessário pensar em critérios para compras sustentáveis. Nesse sentido, abaixo estão identificados alguns dos critérios que podem orientar a escolha de fornecedores e compras de materiais.

Fonte: Shutterstock

- Materiais recicláveis ou que possam ser reutilizados.
- Materiais que contenham componentes reciclados ou reutilizados.
- Materiais procedentes de fontes renováveis.
- Materiais disponíveis nas proximidades do canteiro.
- Materiais com baixa energia, emissões e água incorporada.
- Baixa ou nenhuma emissão de material particulado, compostos orgânicos voláteis (COVs), fibras cancerígenas ou substâncias tóxicas que possam ser emitidas para o ambiente interno.
- Formalidade da procedência de todos os insumos de origem natural renovável e não renovável.

O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) disponibiliza, em seu website, critérios para seleção de fornecedores com base em sua responsabilidade social e ambiental [41]. A disponibilidade de documentos como a Declaração Ambiental de Produto (DAP), a Declaração Sanitária de Produto (DSP), e os relatórios de sustentabilidade corporativa, por parte de potenciais fornecedores, tendem a indicar que essas empresas estão mais alinhadas às boas práticas de sustentabilidade.

Fonte: Shutterstock



D GESTÃO DA POLUIÇÃO E IMPACTOS AMBIENTAIS

Gestão de resíduos da construção e demolição

Uma das etapas essenciais da gestão de um canteiro de obras é a gestão dos resíduos sólidos de construção e demolição (RCD). Os resíduos gerados em uma obra podem ser classificados basicamente em quatro tipos (A, B, C e D), de acordo com as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 307/2002 [42], 348/2004 [43], 431/2011 [44], 448/2012 [45] e 469/2015 [46]. Para uma boa gestão dos RCD, é imprescindível ter uma boa segregação e armazenamento dos diferentes resíduos gerados, para possibilitar e facilitar a destinação final. Os locais de armazenamento devem estar bem identificados para a correta separação dos resíduos.

Gestão dos RCD com base na classificação do CONAMA.

CLASSIFICAÇÃO RESÍDUO	TIPOS DE RESÍDUOS	TRANSPORTE NA OBRA	ARMAZENAMENTO	DESTINAÇÃO FINAL
Classe A	Resíduos de cerâmica, concreto, transporte de terra	Cremalheira, elevador de carga, dutos condutores de resíduos	Caçambas cobertas	Usinas de reciclagem, aterro de resíduos classe Áreas de Transbordo e Triagem (ATT)
Classe B	Metais, Madeira, plástico, vidro, gesso	Cremalheira, elevador de carga, dutos condutores de resíduos (gesso)	Bombonas e baias (metais, madeira, plástico, gesso e vidro) Caçambas cobertas (gesso)	Usinas de sucata (aço), caldeiras (madeira), reciclagem de gesso.
Classe C	EPIs obsoletos, resíduos que não tenham reciclagem viável	Cremalheira, elevador de carga	Bombonas e baias	Usinas de reciclagem, incineradoras, aterro de resíduos Industriais
Classe D	Latas de tintas à base de solvente e vernizes vazias, lâmpadas, cartuchos de impressoras, madeira tratada, óleo usado, telhas com fibras de amianto	Cremalheira, elevador de carga	Locais protegidos (cobertura e piso impermeabilizado)	Aterro de resíduos perigosos

Cremalheira para transporte vertical em obra

Fonte: Shutterstock

Dutos de transporte de resíduos Classe A

Fonte: Shutterstock

A gestão dos RCD se faz mediante o documento Controle de Transporte de Resíduos (CTR). Esse deve ser assinado pelo gerador, transportador e pelo receptor do resíduo. Recomenda-se que os CTRs assinados fiquem armazenados no canteiro como forma de controle e sirvam como evidência para auditorias ambientais e de qualidade. As empresas utilizadas para transporte e destinação final dos resíduos devem ter a licença ambiental adequada, dentro da validade.

Caçamba com resíduos classe A

Fonte: istockphoto

Separação dos resíduos em obras

Fonte: Shutterstock

Os layouts de canteiro devem ter um planejamento adequado a fim de atender à disposição de resíduos durante diferentes etapas da execução da obra. Por exemplo, em etapas iniciais, os resíduos são gerados por movimentação de terra; na etapa de infraestrutura e superestrutura, eles são de concreto, madeira (formas) e aço; enquanto na etapa de acabamento, os resíduos são de gesso, latas de tinta, entre outros. [47]

Algumas incorporadoras e construtoras têm adotado sistemas e técnicas construtivas mais racionais e industrializadas (tais como *steel framing*, *drywall*, painéis pré-fabricados), o que permite a redução dos resíduos gerados ao longo do processo de execução (tais como quebra de blocos que ocorre durante o transporte, ou argamassa que sobra do processo de execução).

Fonte: Shutterstock

Outros impactos ambientais

Além da geração de grande volume de resíduos sólidos, a obra é responsável por outros impactos ambientais, entre eles: emissão de material particulado, poluição do ar, da água e do solo.

Fonte: Shutterstock

Para minimizar a poluição atmosférica, devem ser eliminadas a queima de materiais ou resíduos no canteiro, a cobertura em áreas de processamento de materiais, a aspersão de água no solo, entre outros procedimentos. Outras medidas incluem evitar a utilização de tintas ou outros produtos químicos que liberam compostos orgânicos voláteis, e melhorar a ventilação de locais críticos, como subsolos.

Para reduzir o desperdício e a contaminação da água, podem ser criadas áreas de lavagem com dispositivos de retenção para evitar contaminação do solo ou escoamento de efluentes para a rede pública. Por exemplo: bacias de retenção para a limpeza de ferramentas; e um sistema lava-rodas e lava-bicas na saída de veículos do canteiro, com reaproveitamento da água. [48]

Para prevenir a poluição da água e do solo, deve-se atentar para o armazenamento de produtos químicos e óleo, bem como garantir que lavagem de latas e vasilhas se dê em locais nos quais os efluentes recebam um tratamento adequado. [49]

Fonte: Shutterstock

Fonte: Shutterstock

E INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS E NOVAS TECNOLOGIAS

Embora a etapa de execução seja provisória, as instalações utilizadas também devem ser enxergadas como locais sujeitos à redução de impactos ambientais. Por exemplo, containers com a devida proteção (como pinturas brancas para maior conforto térmico interno) podem ser usados para sanitários e escritórios. Já existem empresas que vendem containers prontos de rápida montagem e pouca geração de resíduos para serem utilizados em obras. Outros exemplos são: reaproveitamento de água dos lavatórios para ser utilizada em mictórios ou bacias sanitárias; utilização de lâmpadas LED no canteiro; e até instalação de hortas nos canteiros para estimular a educação ambiental dos trabalhadores.

Containers em canteiro de obras

Fonte: Shutterstock

Realidade Virtual para projetos de arquitetura

Fonte: Shutterstock

Atualmente, com o desenvolvimento de novas tecnologias como a realidade virtual e aumentada, é possível executar projetos virtuais, por exemplo, como os apartamentos-modelo sem necessidade de construí-los fisicamente, gerando uma grande economia de materiais e consequentemente menores custos e impactos ambientais.

Outras tecnologias e ferramentas como o *Building Information Modeling* (BIM) tendem a facilitar e melhorar a qualidade do processo de orçamento, planejamento e execução da obra, além de gerar menores perdas e evitar desperdício de materiais. Os Veículos Aéreos não Tripulados (VANTs), como drones, podem auxiliar a verificação do andamento da obra e inspeção de áreas de difícil acesso, como coberturas e fachadas. Esse tipo de inspeção diminui os riscos de acidentes por acesso a áreas difíceis e agiliza o processo.

Uso de drone para inspeção da obra

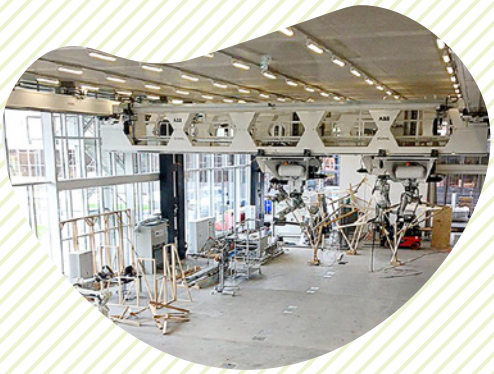
Fonte: Shutterstock

Finalmente, uma técnica que tem ganhado espaço em vários segmentos industriais, inclusive o setor da construção civil, é a impressão 3D. Ela pode ser definida como a produção de objetos como paredes, coberturas, ou até uma edificação completa, de forma automatizada, normalmente com o uso de robôs programados para essa atividade. Esse tipo de produção é indicado principalmente para produtos de grande complexidade, como aqueles de formas orgânicas e onde a precisão é muito importante. Do ponto de vista ambiental, ele permite uma produção de melhor qualidade, produtividade, desmaterialização da construção (menor consumo de material para um dado requisito de desempenho, quando comparado a um processo convencional) e com menor geração de perdas e resíduos. Embora atualmente ainda seja um processo de custos elevados e em alguns casos de alto consumo energético, é de esperar que ele se torne mais acessível, mais eficiente e cada vez mais difundido no setor da construção civil. Recomenda-se que sua utilização na construção seja precedida por uma avaliação ambiental, por exemplo utilizando a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

COLOCANDO EM PRÁTICA:

LABORATÓRIO DE FABRICAÇÃO DIGITAL DO INSTITUTO DE TECNOLOGIA EM ARQUITETURA – ETH – ZURIQUE-SUÍÇA

O Laboratório de Fabricação Digital faz parte do Instituto de Tecnologia em Arquitetura (ITA *Institute of Technology in Architecture*) localizado na Universidade ETH, em Zurique (Suíça). É um dos maiores laboratórios desse tipo do mundo e possui um conjunto de equipamentos e robôs de ultima geração. O laboratório é utilizado para diferentes pesquisas e aplicações, onde é possível produzir elementos construtivos em escala real. Nele acontece cursos sobre o tema de fabricação digital e impressão 3D, como o programa de Mestrado em Estudos Avançados em Arquitetura e Fabricação Digital (MAS ETH DFAB), onde se ensina métodos e tecnologias de design e fabricação digital e sua aplicação em larga escala em arquitetura e construção.



Robôs para a fabricação e construção de elementos de construção

Fonte: Lucas Rosse Caldas

Parede de tijolos cerâmicos construída por fabricação digital e impressão 3D

Fonte: Lucas Rosse Caldas

04

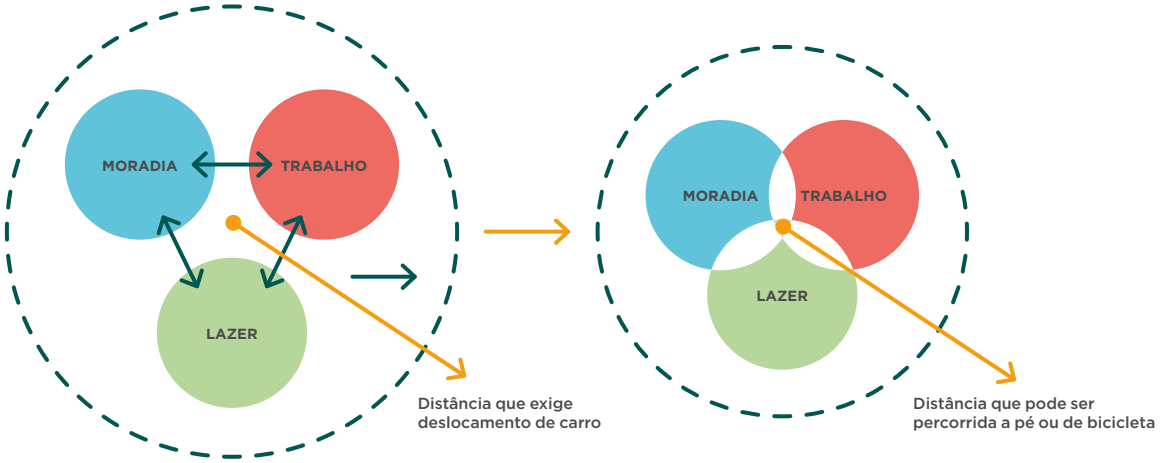
DO ÂMBITO LOCAL À CIDADE: REFLEXÕES FINAIS

Este documento procurou dar soluções para que gestores públicos e equipes de projeto possam incorporar aspectos de sustentabilidade, principalmente ambiental, na hora de planejar e realizar uma obra, seja essa uma edificação, seja um espaço público. A seleção de opções de nível 'micro' deve estar atrelada a uma perspectiva 'macro', na qual se avaliam a localização da obra e o impacto dessa localização em termos ambientais, sociais e econômicos.

Fonte: Shutterstock

Cidades compactas são mais sustentáveis, e mais baratas, enquanto o espalhamento da mancha urbana requer investimentos maiores em infraestruturas, redes, sistemas de transporte etc. O impacto financeiro nos custos de implantação e manutenção dessa infraestrutura dispersa se soma ao impacto socioeconômico na qualidade de vida das famílias, na sua empregabilidade longe dos locais de residência, na sua renda, no seu tempo dedicado a deslocamentos, assim como no acesso a fontes de cultura e lazer. Ambientalmente, a impermeabilização dos solos, o desmatamento e a poluição ligada aos transportes pendulares (deslocamentos diários entre o domicílio e o trabalho) são alguns exemplos dos impactos do espalhamento.

Os núcleos compactos e de uso misto reduzem as necessidades de deslocamentos e criam bairros sustentáveis e cheios de vitalidade



O zoneamento das atividades induz à utilização e dependência do automóvel particular.

Núcleos compactos reduzem as distâncias e permitem o deslocamento a pé ou de bicicleta.

Fonte: [49]

Tomando o exemplo da construção de habitações de interesse social, um recente estudo do Instituto Escolhas, sobre o Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) [50], afirma que "Apesar da dimensão do Programa, a principal crítica feita é a de ter construído as unidades para a população de baixa renda em locais distantes das regiões centrais, com baixa infraestrutura, não inovando na dinâmica que orientou até hoje os programas de habitação popular no Brasil. A distância entre a moradia e os empregos, por exemplo, acaba gerando um impacto significativo na mobilidade urbana e induzindo à desigualdade de oportunidades na cidade. Os programas habitacionais costumam seguir a lógica da maior quantidade pelo menor preço, com isso, estão propícios a construírem unidades habitacionais nas periferias das cidades onde os terrenos são mais baratos. O programa MCMV contribuiu para a expansão da mancha urbana em municípios de 20 Regiões Metropolitanas analisadas: Em 8 das 11 Regiões Metropolitanas com unidades habitacionais georreferenciadas analisadas, a maioria das unidades do MCMV foi construída em áreas fora da mancha urbana".

Assim, para ter cidades sustentáveis, é necessário planejamento urbano, promovendo densificação dos espaços, minimização da vacância, otimização do uso do solo, reaproveitamento e requalificação de espaços degradados ou abandonados, promoção de usos mistos, e preservação das áreas de valor ambiental. Para esses objetivos, o Plano Diretor, o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), além dos distintos códigos associados, são ferramentas muito poderosas do poder público. Outra chave de sucesso é a intersetorialidade entre o planejamento harmonizado das redes urbanas (água, saneamento, eletricidade), a gestão fundiária sustentável, a mobilidade sustentável, e uma articulação com os setores da construção civil e imobiliário.

Existem inúmeras soluções e tecnologias verdes que podem ser planejadas e aplicadas em diferentes escalas, começando pelas edificações, passando por bairros e indo até cidades inteiras. Este guia buscou clarificar quais objetivos e benefícios ambientais, e, em alguns casos, econômicos e sociais se espera obter por meio da aplicação de cada uma dessas soluções. Para o sucesso efetivo final, é fundamental que exista uma integração plena entre os diferentes agentes responsáveis (gestores públicos, projetistas, equipes de produção, fornecedores de materiais, usuários finais, entre outros). Por fim, é imprescindível que esse processo se desenvolva permeado pelo pensamento de ciclo de vida, ou seja, aplicação de modelos de desenvolvimento e intervenção que tragam impactos positivos em curto, médio e longo prazo.

Fonte: Shutterstock

05

PARA QUEM QUISER
SABER MAIS

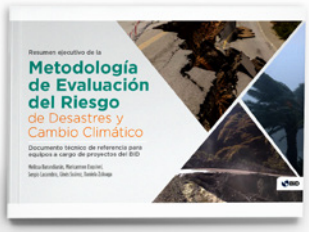
10 PUBLICAÇÕES DO BID

ATRIBUTOS Y MARCO PARA LA INFRAESTRUCTURA SOSTENIBLE

Este documento norteia projetos de infraestrutura sustentável que são definidos como projetos de infraestrutura planejados, desenhados, construídos, operados e descomissionados de forma que garantam 4 pilares fundamentais: sustentabilidade econômica e financeira, social, ambiental (incluída a resiliência climática) e institucional durante todo o ciclo de vida do projeto.

Disponível em espanhol e inglês: publications.iadb.org/es/atributos-y-marco-para-la-infraestructura-sostenible

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES Y CAMBIO CLIMÁTICO



Este guia propõe um marco robusto em nível técnico e operativo para avaliar o risco de desastres e as mudanças climáticas nos projetos. A metodologia facilita a identificação e avaliação dos riscos de desastres e mudanças climáticas assim como as oportunidades em matéria de resiliência nos projetos durante as fases de identificação, preparação e implementação.

Resumo executivo, **disponível** em espanhol e inglês: publications.iadb.org/es/resumen-ejecutivo-de-la-metodologia-de-evaluacion-del-riesgo-de-desastres-y-cambio-climatico

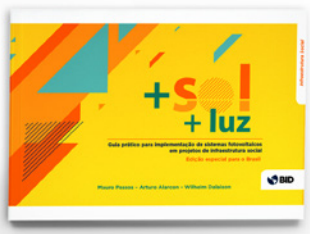
Documento completo, **disponível** em inglês: publications.iadb.org/en/disaster-and-climate-change-risk-assessment-methodology-idb-projects-technical-reference-document

META DE 30% DO FINANCIAMENTO CLIMÁTICO: COMO OS EDIFÍCIOS PODEM CONTRIBUIR?

A inclusão de medidas de mitigação e adaptação a mudanças climáticas nos edifícios gera benefícios ambientais, sociais e econômicos, que se traduzem na melhoria de qualidade dos projetos de infraestrutura. Este guia explica como os edifícios podem contribuir para o cumprimento da meta de 30% de financiamento climático colocada pelo Grupo BID para o ano 2020.

Disponível em português: publications.iadb.org/publications/portuguese/document/Meta_de_30_do_financiamento_clim%C3%A1tico_Como_os_edif%C3%ADcios_podem_contribuir_Diretrizes_para_a_incorpora%C3%A7ao_e_contabiliza%C3%A7ao_de_medidas_de_mitiga%C3%A7ao_e_adapta%C3%A7ao_%C3%A0s_mudan%C3%A7as_clim%C3%A1ticas_pt.pdf

+ SOL + LUZ: GUIA PRÁTICO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM PROJETOS DE INFRAESTRUTURA SOCIAL



+ SOL + LUZ põe ao alcance de qualquer pessoa, em linguagem e formato simples, as respostas a muitas das preocupações sobre o que são sistemas fotovoltaicos, como funcionam, por que utilizá-los, como calcular seu custo, onde é possível utilizá-los, os requisitos básicos, como dimensioná-los, como instalá-los, como operá-los e mantê-los. A edição especial para o Brasil inclui recomendações para a aplicação de sistemas fotovoltaicos no país.

Disponível em português: publications.iadb.org/publications/portuguese/document/_-SOL-_-LUZ-Guia-prático-para-implementação-de-sistemas-fotovoltaicos-em-projetos-de-infraestrutura-social-Edição-especial-para-o-Brasil.pdf

PROJETAR BEM, CONSTRUIR MELHOR: GUIA PARA O PLANEJAMENTO, ESPECIFICAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E SUPERVISÃO DE PROJETOS DE INFRAESTRUTURA SOCIAL

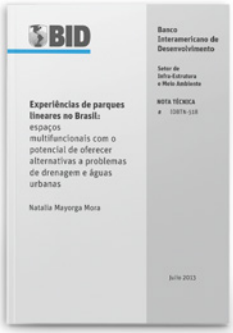
Esta publicação apresenta ferramentas às equipes de projetos para que possam tomar a melhor decisão na hora de contratar projetistas, estabelecendo com clareza o alcance dos trabalhos que devem realizar esses especialistas, e as especificações técnicas a serem cumpridas.

Disponível em português: publications.iadb.org/publications/portuguese/document/Projetar_bem_construir_melhor_Guia_para_o_planejamento_especifica%C3%A7ao_desenvolvimento_e_superviso_de_projetos_de_infraestrutura_social_pt.pdf

MANUAL DE VIVIENDA SUSTENTABLE

Este manual introduz e desenvolve aspetos de desenho, construção e uso sustentável de bairros e moradias a serem construídos observando-se o marco do Plano Nacional de Vivenda do Ministério do Interior, Obras Públicas e Vivenda, de acordo com os lineamentos dos Ministérios de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e de Energia e Mineração da Nação da Argentina.

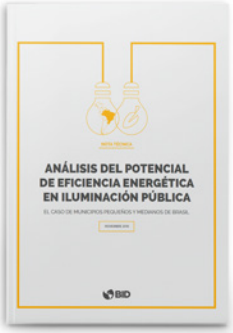
Disponível em espanhol: manualdeviviendasustentable.ambiente.gob.ar/assets/pdf/manual-vivienda-sustentable.pdf



EXPERIÊNCIAS DE PARQUES LINEARES NO BRASIL: ESPAÇOS MULTIFUNCIONAIS COM O POTENCIAL DE OFERECER ALTERNATIVAS A PROBLEMAS DE DRENAGEM E ÁGUAS URBANAS

Este documento oferece uma análise do conceito de parques lineares, incluindo uma revisão da literatura e de pesquisas de campo em projetos finalizados ou em andamento, além de apresentar elementos-chave de algumas experiências internacionais. A publicação também identifica aspectos relevantes de contexto, concepção, gestão e manejo de projetos de parques lineares em três cidades brasileiras e conclui com a projeção de um quadro de diretrizes para a implantação e manejo de parques lineares no contexto brasileiro. Essas diretrizes estão focadas em ressaltar o papel multifuncional desses espaços, sua importância dentro da agenda multisetorial de planejamento urbano e o papel fundamental que o setor privado e os cidadãos podem desempenhar para a conservação, manutenção e promoção do crescimento verde das cidades.

Disponível em português: publications.iadb.org/publications/portuguese/document/Experiências-de-parques-lineares-no-Brasil-espaços-multifuncionais-com-o-potencial-de-oferecer-alternativas-a-problemas-de-drenagem-e-águas-urbanas.pdf



ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN PÚBLICA: EL CASO DE MUNICIPIOS PEQUEÑOS Y MEDIANOS DE BRASIL

Esta nota técnica apresenta uma análise do potencial de uso da iluminação pública eficiente no Brasil, especialmente focada em municípios pequenos e médios. Com base em uma estimativa estatística sobre o número e o tipo de lâmpadas, o estudo avalia o consumo por tipo de município, e o gasto público associado a esse consumo. Posteriormente, realiza uma avaliação da viabilidade econômica da substituição de lâmpadas públicas por lâmpadas eficientes baseadas em tecnologia LED. Os resultados demonstram que existe um grande potencial para melhorar a eficiência do uso de energia em iluminação pública no Brasil, reduzir o consumo de energia e o gasto a ele associado. Finalmente, a nota apresenta algumas recomendações sobre especificações técnicas e mecanismos de financiamento.

Disponível em espanhol: publications.iadb.org/publications/spanish/document/Análisis-del-potencial-de-eficiencia-energética-en-iluminación-pública-El-caso-de-municipios-pequeños-y-medianos-de-Brasil.pdf

COMPRANDO VERDE: ¿CÓMO FOMENTAR LAS COMPRAS VERDES EN LOS PROYECTOS FINANCIADOS POR EL BID?

As compras verdes são um instrumento efetivo para conseguir que projetos executados com recursos do BID sejam mais sustentáveis e resilientes. Com base nas boas práticas e nas referências e tendências internacionais, as diretrizes contidas neste guia mostram como é possível considerar aspetos ambientais no ciclo de programação e em cada uma das etapas do ciclo de um projeto, com um foco particular no processo de aquisições.

Disponível em espanhol e inglês: publications.iadb.org/publications/spanish/document/Comprando-verde-¿Cómo-fomentar-las-compras-verdes-en-los-proyectos-financiados-por-el-BID.pdf

VIVIENDA ¿QUÉ VIENE?: DE PENSAR LA UNIDAD A CONSTRUIR LA CIUDAD

Durante o século XX, a população mundial aumentou mais do que em qualquer outro período da história: desde 1,5 bilhão de pessoas em 1900 até os 7 bilhões de hoje. Diante desses números, é impossível não pensar o que fizemos para hospedar essa população, ou o que fizeram todas essas pessoas para buscar moradia. Os números indicam que apesar de termos sido capazes de construir e cobrir amplamente os déficits quantitativos, nos sobrou o grande desafio de melhorar qualitativamente o estoque existente de moradias. O crescimento populacional continua efervescente, e a pergunta sobre o modo como explorar o potencial da habitação para transformar o tecido urbano é chave para construir melhores cidades.

Disponível em espanhol: publications.iadb.org/publications/spanish/document/Vivienda_Qué_viene_de_pensar_la_unidad_a_construir_la_ciudad.pdf

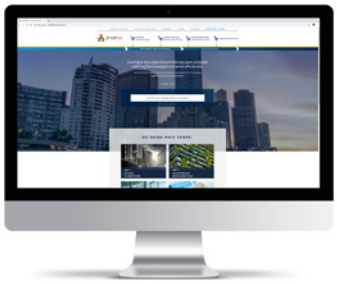
NOSSAS MELHORES RECOMENDAÇÕES

4 sítios web incontornáveis

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Este guia elaborado pelo SindusCon-SP em colaboração com o Ministério de Minas e Energia e apoio da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável tem como objetivo apoiar e fornecer conhecimento técnico aos agentes do mercado da construção civil que buscam construir e operar edificações mais eficientes.

Disponível em: guiaenergiaedificacoes.com.br/



CONHEÇA SOLUÇÕES BIOCLIMÁTICAS PARA PROJETAR EDIFICAÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES

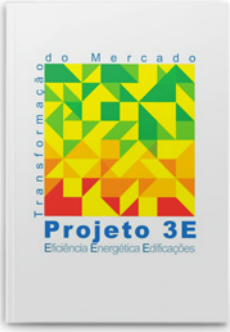
Esta ferramenta orienta a construção de edifícios sustentáveis, com informações bioclimáticas de 413 cidades brasileiras.

Disponível em: projeteee.mma.gov.br/

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

O Conselho objetiva contribuir para a geração e difusão de conhecimento e de boas práticas de sustentabilidade na construção civil. Podem ser consultados projetos, tais como: cidades eficientes, desempenho energético operacional em edificações (DEO), Sustainable Social Housing Initiative (SUSHI) e Critérios para responsabilidade social e ambiental na seleção de fornecedores.

Disponível em: cbcs.org.br/website/



PROJETO 3E –TRANSFORMAÇÃO DO MERCADO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

O projeto tem como seu objetivo principal o fortalecimento do mercado de eficiência energética no Brasil por meio da capacitação de profissionais, ações de sensibilização, promoção da eficiência energética em edifícios públicos e mecanismo de garantia de financiamento de eficiência energética (EEGM). O Projeto nasceu da cooperação entre a Secretaria de Mudança do Clima e Florestas (SMCF) do Ministério do Meio Ambiente e Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), implementado com recursos do Global Environment Facility (GEF) e do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID).

Disponível em: mma.gov.br/informma/item/10577-p-r-o-j-e-t-o-3e

9 publicações-chave

ACELERANDO A EFICIÊNCIA DAS EDIFICAÇÕES NO BRASIL: AÇÕES PRIORITÁRIAS PARA LÍDERES URBANOS

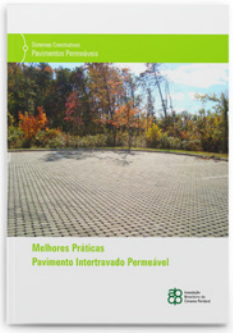
O guia apresenta um modelo participativo para líderes urbanos brasileiros construírem uma estratégia de ação, para explorar oportunidades potenciais e superar barreiras de implementação. A publicação sugere três ações prioritárias para o avanço da eficiência das edificações no Brasil: informações e certificações de desempenho; incentivos e financiamentos; liderança governamental pelo exemplo.

Disponível em português: wribrasil.org.br/pt/publicacoes/acelerando-eficiencia-das-edificacoes-no-brasil, com um webinar em português de 46 minutos.

PROJETO DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS SUSTENTÁVEIS: UMA ABORDAGEM CULTURAL, ECONÔMICA, AMBIENTAL E ARQUITETÔNICA

Este livro apresenta uma abordagem cultural, econômica, ambiental e arquitetônica da concepção e do desenho de edificações de uso público. Dividido em três grandes capítulos que tratam de Cultura e Economia, Meio Ambiente, e Arquitetura Sistêmica, o e-book faz uso de uma série de edifícios conhecidos, de diferentes regiões do globo, para exemplificar conceitos e abordagens que visam à sustentabilidade econômica e ambiental da arquitetura. O livro, disponibilizado sob licença *Creative Commons*, é uma produção da Rede Legislativo Verde, formada pelo Senado Federal, Tribunal de Contas da União e Câmara dos Deputados, que tem como objetivo o compartilhamento de práticas e desenvolvimento de ações para gestão sustentável.

Disponível em português: www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/562746?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com.br



MELHORES PRÁTICAS: PAVIMENTO INTERTRAVADO PERMEÁVEL

Esta publicação apresenta definições importantes e diretrizes de projeto para a especificação e execução de pavimentos permeáveis.

Disponível em português: flgblocos.com.br/pdf/Cartilha_Pav_Intertravado_Permeavel.pdf

PROJETO TÉCNICO: PARQUES LINEARES COMO MEDIDAS DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Esta publicação apresenta definições importantes e diretrizes de projeto para especificação, orçamento e execução de parques lineares. Apresenta vantagens e pontos importantes a serem considerados nos projetos e a relação com o manejo das águas pluviais.

Disponível em português: solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Parques%20Lineares_Web.pdf

PROJETO TÉCNICO: JARDINS DE CHUVA

Esta publicação apresenta definições importantes e diretrizes de projeto para especificação, orçamento e execução de jardins de chuva. Apresenta as vantagens e os pontos importantes a serem considerados nos projetos e a relação com o manejo das águas pluviais.

Disponível em português: solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/04/AF_Jardins-de-Chuva-online.pdf

CUIDAR DA ÁGUA NA CIDADE

Esta publicação trata de iniciativas e estratégias para melhorar o manejo de água nas cidades. Apresenta as principais iniciativas adotadas em diferentes escalas de atuação: edifício, bairros e cidades.

Disponível em português: fluxus.eco.br/wp-content/uploads/2018/06/relatorio-iniciativas-v2-final.pdf

TECNOLOGIAS DISRUPTIVAS DE BAIXO CARBONO

Esta publicação trata do estado da arte de potenciais tecnologias disruptivas (mobilidade urbana, *smartgrids*, materiais sustentáveis etc.) para a mitigação das mudanças climáticas no Brasil.

Disponível em português: adaptaclima.mma.gov.br/conteudos/283

ROLE OF BIO-BASED BUILDING MATERIALS IN CLIMATE CHANGE MITIGATION

Esta publicação trata do estado da arte do uso de biomateriais (madeira, bambu, coberturas verdes, fachadas verdes, bioconcretos, bioargamassas etc.) para a mitigação das mudanças climáticas nas edificações.

Disponível em inglês: researchgate.net/publication/327578512_Role_of_Bio-based_Building_Materials_in_Climate_Change_Mitigation_Special_Report_of_the_Brazilian_Panel_on_Climate_Change

MANUAL OPERACIONAL PARA IMPLANTAR UM PARKLET EM SÃO PAULO

Um manual que mostra as principais etapas para a escolha e execução de parklets.

Disponível em português: gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/04/MANUAL_PARKLET_SP.pdf

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] M. C. Bhattacharya, Amar; Contreras Casado, Cristina; Jeong, Minji; Amin, Amal-Lee; Watkins, Graham George; Silva Zuniga. *Atributos y marco para la infraestructura sostenible*, Washington D.C. 2019. Disponível em: publications.iadb.org/pt/publications/spanish/document/Atributos_y_marco_para_la_infraestructura_sostenible_es_es.pdf

[2] IEA. *Global Status Report for Buildings and Construction 2019. Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector*, Paris. 2019. Disponível em: worldgbc.org/sites/default/files/2019%20Global%20Status%20Report%20for%20Buildings%20and%20Construction.pdf

[3] Ideia Circular. *Construção civil está a caminho da economia circular*. 2019. Disponível em: ideiacircular.com/construcao-civil-esta-a-caminho-da-economia-circular/

[4] J. K. W. Wong & J. Zhou. *Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review, Autom. Constr., v. 57, p. 15-165*. 2015. Disponível em: sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580515001211

[5] ABNT. *Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. 2005. Disponível em: abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=635

[6] CAIXA/UNDP/BRE. *Manual de orientação técnica. Padrão de sustentabilidade para habitação de interesse social no Brasil*, p. 81. 2017

[7] ABNT. *NBR 15575-1:2013 Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais.* 2013. Disponível em: hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%f3rios/NRs/NR%2015575/NBR_15575-1_2013_Final%20Requisitos%20Gerais.pdf

[8] T. W. Bank. *Resilient Homes Challenge*. 2019. Disponível em: worldbank.org/en/topic/disasterriskmanagement/brief/resilient-homes-challenge

[9] CBCS/PNUMA/MMA. *Aspectos da construção sustentável no Brasil e promoção de políticas públicas. Subsídios para a promoção da construção civil sustentável*. 2014. Disponível em: cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/MMA-Pnuma/Aspectos%20da%20Construcao%20Sustentavel%20no%20Brasil%20e%20Promocao%20de%20Politicas%20Publicas.pdf

[10] L. S. Caccia, H. Evers, C. S. Fernandes & L. P. Betti. *Sustentabilidade em habitação de interesse social*. 2017. Disponível em: wribrasil.org.br/pt/publicacoes/sustentabilidade-em-habitacao-de-interesse-social

[11] N. S. C. Filho, P. B. dos Santos, R. S. da Cruz & T. ROCHA. *Sistema de isolamento térmico com embalagem tetra pak para residências de comunidades carentes. Cidades e Soluções – Contribuições da engenharia para uma sociedade sustentável – Universidade Federal do Maranhão*, p. 8. 2018. Disponível em: even3.blob.core.windows.net/anais/136286.pdf

[12] R. Devido. T. Verde, and E. Sustent. *Telhado verde: A evolução da tecnologia e suas funcionalidades*, v. 1, p. 19-37. 2017. Disponível em: opet.com.br/faculdade/revista-engenharias/pdf/n3/Artigo3-n3-Fabio-Pein.pdf

[13] F. A. Perussi, R.; Vecchia. *Análise do comportamento térmico de um sistema de cobertura verde utilizando plataformas de teste, PARC Pesqui. em Arquitetura e Construção*, v. 7, nº. 4, p. 225-236. 2017. Disponível em: periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/download/8647932/15808

[14] ECOTELHADO. *UNISINOS expande campus e investe em visual inovador e verde*. 2019. Disponível em: ecotelhado.com/unisinos-expande-campus-e-investe-em-visual-inovador-e-verde/

[15] M. MME, MCTI. *Portaria Interministerial nº. 1.007, de 31 de dezembro de 2010. Brasília, p. 4.* 2010. Disponível em: normasbrasil.com.br/norma/?id=227253

[16] INMETRO. *Sistema de energia fotovoltaico*, Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: inmetro.gov.br/consumidor/pbe/sistemafotovoltaico.asp

[17] CDHU. *Relatório anual de sustentabilidade, Relatório Anual*. 2017. Disponível em: cdhu.sp.gov.br/documents/20143/37072/Relatório+de+Sustentabilidade+-+2017.pdf/f974c21a-fbeb-3dc1-897b-786bc05694cd

[18] UNEP. *Avaliação das tecnologias existentes no mercado e soluções para melhorar a eficiência energética e o uso racional da água em habitação de interesse social no Brasil*, p. 1998-2001. 2001. Disponível em: cbcs.org.br/sushi/images/relatorios/Final_Brazil_reports_160511/3_Avaliacao_120511.pdf

[19] INMETRO. *Sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água - reservatórios térmicos*, Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: inmetro.gov.br/consumidor/pbe/coletoressolares.asp

[20] ARCOWEB. *Brasil sai na frente com energia solar OPV*. 2017. Disponível em: arcoweb.com.br/finestra/tecnologia/tecnologia-brasil-sai-na-frente-com-energia-solar-opv

[21] ANA. *Coyuntura dos recursos hídricos do Brasil*. 2019. Disponível em: conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf

[22] ANA. *Balanço hídrico quantitativo. Mapa interativo*. 2020. Disponível em: portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=ac0a9666e1f340b387e8032f64b2b85a

[23] E. Cohim, A. Garcia & A. Kiperstok. *Captação e utilização de água pluvial em residências para população de baixa renda em áreas urbanas: estudo de caso, IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nord.*, p. 1-10. 2008. Disponível em: docplayer.com.br/9975410-Captacao-e-utilizacao-de-agua-pluvial-em-residencias-para-populacao-debaixa-renda-em-areas-urbanas-estudo-de-caso.html

[24] Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). *Manual para aproveitamento emergencial da água cinza do banho e da máquina de lavar*. 2016. Disponível em: ipt.br/download.php?filename=1334-Manual_para_aproveitamento_emergencial_de_aguas_cinza_do_banho_e_da_maquina_de_lavar.pdf

[25] C. F. 8 de Março. *Projeto Água Viva, do Centro Feminista 8 de Março, é o vencedor do Prêmio Fundação Banco do Brasil de Tecnologia Social*. 2015. Disponível em: transforma.fbb.org.br/tecnologia-social/agua-vivamulheres-e-o-redesenho-da-vida-no-semiarido-do-rio-grande-norte

[26] Fundação Vanzolini. *Declarações ambientais de produto*. 2019. Disponível em: epdbrasil.com.br/

[27] C. Kraemer. *Flexibilidade em edificações residenciais: Diretrizes de projeto e análise da aplicação no mercado imobiliário brasileiro, Universidade do Vale do Rio dos Sinos-UNISINOS*. 2017. Disponível em: repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/6657

[28] WWF. *Programa madeira é legal*. 2019. Disponível em: madeiraelegal.com.br/

[29] Embrapa. *Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia*. 2017. Disponível em: embrapa.br/acre/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1078373/bambus-no-brasil-da-biologia-a-tecnologia

[30] IVUC. *Casa Selva en la COP 20 - 2014*. 2019. Disponível em: usmp.edu.pe/ivuc/noticias.php?pag=proy&sec=temp002

[31] Y. Barnett e F. Jabrane. *Diseño de proyectos con bambú en Lima como estrategia de difusión de un método constructivo alternativo y sostenible, Campus, v. 22, nº. 23, p. 87-108. 2017*. Disponível em: usmp.edu.pe/ivuc/pdf/Bambu_en_Lima.pdf

[32] SEBRAE. *Fábrica de tijolos ecolológicos*. 2019. Disponível em: atendimento.sebraemg.com.br/bibliotecadigital/content/como-montar-uma-fabrica-de-tijolos-ecologicos

[33] Fundação Banco do Brasil. Banco de tecnologias sociais. *Morador constrói a casa própria com tijolo ecológico e economiza 30%*. 2018. Disponível em: fbb.org.br/pt-br/component/k2/conteudo/morador-constroi-a-casa-propria-com-tijolo-ecologico-e-economiza-30-2

[34] T. Thuy, H. Hao, W. Guo, X. C. Wang, N. Ren, and G. Li. *Science of the total environment implementation of a specific urban water management - Sponge city, Sci. Total Environ.*, v. 652, p. 147-162. 2019. Disponível em: sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718340518

[35] L. Sidner. *Sponge City: Solutions for China's Thirsty and Flooded Cities.* 2017. Disponível em: newsecuritybeat.org/2017/07/sponge-city-solutions-chinas-thirsty-flooded-cities/

[36] M. Rosa. *Jardins de chuva estão surgindo pela cidade de São Paulo.* 2018. Disponível em: ciclovivo.com.br/mao-na-massa/permacultura/jardins-de-chuva-estao-surgindo-pela-cidade-de-sao-paulo/

[37] Prefeitura de Goiânia. *Programa Urbano Ambiental Macambira Anicuns.* Disponível em: goiania.go.gov.br/download/puama/programa.pdf

[38] J. Rainey. *New York's High Line Park: An Example of Successful Economic Development. The Leading Edge, GreenPlay LLC, p. 2-3.* 2014. Disponível em: greenplayllc.com/wp-content/uploads/2014/11/Highline.pdf

[39] Metro Journal. *Muro verde da Avenida 23 de Maio apresenta falhas na manutenção*. 2018. Disponível em: metrojornal.com.br/foco/2018/10/02/muro-verde-da-avenida-23-de-maio-apresenta-falhas-na-manutencao.html

[40] R. Pisos. *22 mil m² de pavimento permeável em estacionamento*. 2013. Disponível em: rhinopisos.com.br/site/noticias/67/2013/07/pavimento_permeavel_piso_intertravado_concreto

[41] Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS). Site Oficial. Disponível em: cbcs.org.br/selecaoDeFornecedores/

[42] CONAMA. Resolução CONAMA n° 307. 2002. Disponível em: mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf

[43] Brasil. *Resolução CONAMA n° 348*. Brasília. 2004. Disponível em: normasbrasil.com.br/norma/resolucao-348-2004_100177.html

[44] Brasil. *Resolução CONAMA n° 431*. Brasília. 2011. Disponível em: normasbrasil.com.br/norma/?id=114157

[45] Brasil. *Resolução CONAMA n° 448*. Brasília. 2012. Disponível em: normasbrasil.com.br/norma/?id=115450

[46] Brasil. *Resolução CONAMA n° 469*. Brasília. 2015. Disponível em: areaseg.com/bib/05%20-%20Resolucoes%20CONAMA/2015/469-2015.pdf

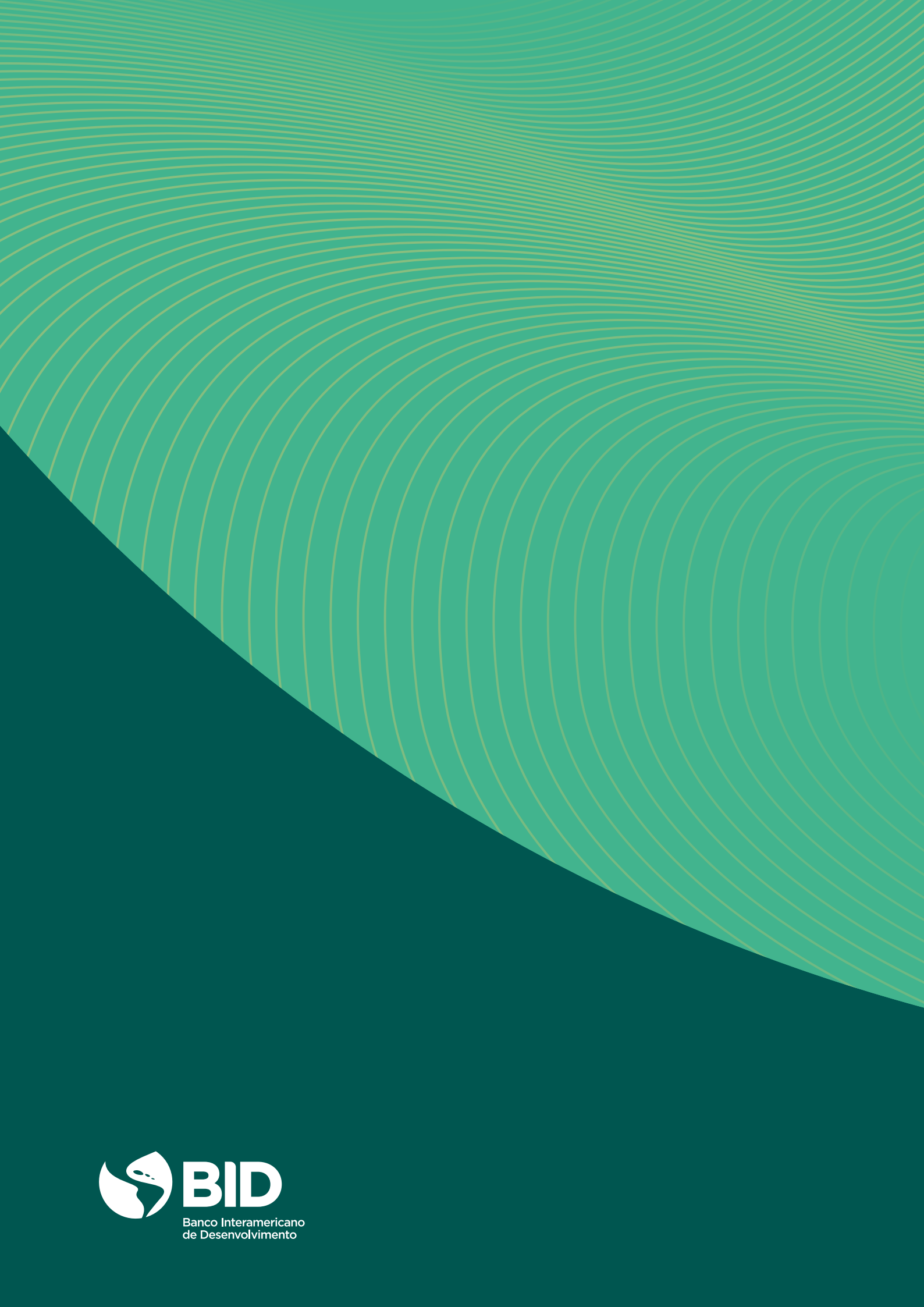
[47] Sinduscon-MG. *Alternativas para a destinação de resíduos da construção civil*, 3ª. Belo Horizonte: Sinduscon-MG. 2014. Disponível em: issuu.com/funverde2/docs/cartilha_destinaao_residuos_constru

[48] Sinduscon-SP. *Gestão ambiental de resíduos da construção civil*, 1st ed. São Paulo: Sinduscon-SP. 2015. Disponível em: rmdaveiga.files.wordpress.com/2015/03/manual-rcd-sinduscon-sp-2015.pdf

[49] Geovany Jessé Alexandre da Silva & M. A. B. Romero. *O urbanismo sustentável no Brasil*. 2011. Disponível em: agitprop.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.129/3499

[50] Instituto Escolhas. *Morar longe*: o Programa Minha Casa Minha Vida e a expansão das regiões metropolitanas. 2019. Disponível em: escolhas.org/wp-content/uploads/2019/04/QCML_RELATORIOFINAL_Site.pdf

BID
Banco Interamericano
de Desenvolvimento


BID
Banco Interamericano
de Desenvolvimento