



# **SOLUÇÕES AMBIENTAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL: EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SUSTENTÁVEIS PARA O RIO DE JANEIRO**

Bianca Carolina Resende Carneiro da Rocha

Rio de Janeiro, 12 de Dezembro de 2018



# **SOLUÇÕES AMBIENTAIS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL: EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS SUSTENTÁVEIS PARA O RIO DE JANEIRO**

**Aluna: Bianca Carolina Resende Carneiro da Rocha**

**Orientadora: Fernanda de Andrade Salgado**

Trabalho apresentado com requisito parcial à conclusão dos cursos de Engenharia Ambiental e Engenharia Civil na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.



## Agradecimentos

Agradeço imensamente aos meus pais, por todo o amor e dedicação que me deram ao longo de todos os anos da minha vida, por todas as oportunidades que me proporcionaram e por todos os ensinamentos que me ofereceram. Agradeço também por sempre me apoiarem e me guiarem, e por serem o meu porto seguro nos momentos mais delicados da minha vida.

Agradeço às minhas amigas, Bárbara e Bruna, que mesmo me chamando para sair mil vezes e eu não podendo, porque tinha que fazer esta monografia, não desistiram de mim e me apoiaram.

Agradeço a todos os amigos, familiares e colegas de trabalho (em especial ao Adriano e às Fernanda's) que me ajudaram a divulgar a pesquisa de mercado, tão importante para este trabalho.

Agradeço ao meu chefe, Salles, e à prof. Licéa por terem sido compreensivos comigo nos momentos de desespero para terminar a monografia.

Agradeço aos meus professores, da PUC e do CSA, por todas as lições e conceitos aprendidos e por terem ajudado a moldar o ser humano que sou hoje. E ao meu orientador de IC, Ricardo, por todo o carinho e consideração e por ter enriquecido meu CV imensamente.

E, eu sou imensamente grata à minha orientadora Fernanda, por ter me auxiliado neste trabalho imenso, por ter compreendido todas as entregas que eu pulei e por todo o tempo dedicado.

Muito obrigada,

Bianca Carolina R. C. da Rocha.

## **Resumo**

A construção civil possui grande impacto negativo no meio ambiente: emissões de gases do efeito estufa, geração de grande quantidade de resíduos sólidos, desmatamento, desperdício de água e consumo de energia; devendo-se buscar soluções para todos os impactos causados por esta atividade. Para tal, este trabalho analisou a realidade mundial e brasileira de sete assuntos importantes para as habitações: materiais e métodos construtivos, água, energia, resíduos sólidos, áreas verdes, espaços de *coworking* e construção + limpa; e realizou uma análise de mercado. As soluções apresentadas foram captação de água das chuvas, eficiência energética, *smart grid*, uso de painéis solares e biodigestores, gerenciamento dos resíduos da construção civil, coleta seletiva, compostagem, criação de jardins, hortas em telhado verde, criação de salas de *coworking* abertas à vizinhança e adotar a metodologia da produção + limpa na construção civil. Todas as soluções apresentaram diversas vantagens, mas algumas ainda precisam ser desenvolvidas no Brasil ou ter aceitação por parte da população. A análise de mercado mostrou um forte interesse da população por edificações sustentáveis.

**Palavras-chave:** construção sustentável; edifícios sustentáveis; Rio de Janeiro; água; resíduos sólidos; materiais e métodos construtivos; energia; áreas verdes; *coworking*; construção + limpa.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Objetivo .....	2
2	SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO CIVIL .....	3
2.1	O que é Sustentabilidade .....	3
2.2	Cenário Brasileiro .....	4
3	A SUSTENTABILIDADE TEM CLIENTES? .....	11
4	MATERIAIS E MÉTODOS CONSTRUTIVOS SUSTENTÁVEIS .....	18
4.1	Materiais Sustentáveis .....	19
4.2	Métodos Construtivos .....	23
5	ÁGUA.....	26
5.1	Captação de Água das Chuvas.....	27
5.1.1	Superfície de Captação .....	30
5.1.2	Calhas e Linhas de Fluxo (Condutores).....	32
5.1.3	Telas de Folhas, Válvulas de Desvio do Primeiro Fluxo e Lavadores de Telhado	32
5.1.4	Tanques de Armazenamento.....	35
5.1.5	Sistema de Distribuição .....	37
5.1.6	Tratamento de Água.....	38
5.1.7	Manutenção e Cuidados.....	40
6	ENERGIA.....	41
6.1	Eficiência Energética.....	42
6.1.1	Eletrodomésticos.....	47
6.1.2	Iluminação.....	47
6.1.3	Conforto Térmico.....	49
6.1.4	Aquecimento de Água.....	56
6.2	Smart Grid .....	58
6.2.1	Medidores Inteligentes.....	63
6.2.2	Eletrodomésticos Inteligentes .....	64
6.2.3	Equipamentos de Geração de Energia .....	65
6.3	Painéis Solares.....	66
6.4	Biodigestores.....	72
6.4.1	Tecnologia.....	75
7	RESÍDUOS SÓLIDOS .....	77
7.1	Gerenciamento de Resíduos da Construção e Demolição .....	81

7.2	Coleta Seletiva .....	82
7.3	Compostagem .....	84
7.3.1	Localização e Volume da Composteira .....	87
7.3.2	Utilização da Composteira .....	88
8	ÁREAS VERDES .....	90
8.1	Jardim .....	96
8.2	Telhado Verde + Horta .....	98
8.2.1	Material Resistente a Raiz .....	99
8.2.2	Camada de Retenção de Umidade .....	99
8.2.3	Camada de Drenagem .....	99
8.2.4	Camada Filtrante .....	100
8.2.5	Meio de Crescimento .....	100
9	ESPAÇOS DE COWORKING .....	104
10	CONSTRUÇÃO + LIMPA .....	112
11	CONCLUSÃO .....	114
12	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	116



## **ÍNDICE DE QUADROS**

Quadro 5.1: Resumo de tratamentos do sistema de captação de água da chuva. ....	40
Quadro 6.1: Resumo das diretrizes construtivas definidas pela NBR 15220-3:2003..	51
Quadro 7.1: Resíduos orgânicos que devem ser evitados em composteiras domésticas. .....	86
Quadro 7.2: Problemas corriqueiros em composteiras e soluções.....	89
Quadro 8.1: Dependência de abelhas para polinização para alguns cultivos. ....	94
Quadro 8.2: Valores de referência para telhados verdes extensivos e intensivos.....	101
Quadro 10.1: Membros da equipe e possíveis responsabilidades.....	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Resíduos de construção e demolição coletados por tonelada/dia por região brasileira, em 2017.....	6
Figura 2.2: Matriz elétrica mundial, 2015. ....	7
Figura 2.3: Matriz elétrica brasileira, 2016.....	7
Figura 2.4: Emissões anuais de GEE em toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente (tCO <sub>2</sub> e) por escopo para a Construtora Norberto Odebrecht.....	8
Figura 2.5: Emissões anuais de GEE em toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente (tCO <sub>2</sub> e) por escopo para a Andrade Gutierrez Engenharia.....	8
Figura 2.6: Emissões de GEE em CO <sub>2</sub> equivalente da produção de metais no Brasil...9	
Figura 2.7: Emissões de CO <sub>2</sub> da produção de produtos minerais no Brasil. ....	10
Figura 3.1: Dados básicos dos entrevistados – 69,1% do sexo feminino e 86,4% com idade entre 21 e 60 anos.....	13
Figura 3.2: Dados básicos dos entrevistados – 83,1% habitam no Rio de Janeiro, 92,7% possuem pelo menos o nível superior incompleto. ....	13
Figura 3.3: Perfil sustentável dos entrevistados.....	14
Figura 3.4: Edifícios sustentáveis – medidas com maior interesse.....	15
Figura 3.5: Edifícios sustentáveis – medidas com menor interesse.....	16
Figura 3.6: Edifícios sustentáveis – aceitação de um custo mais alto. ....	17
Figura 4.1: Site da EPD, onde é possível obter todas as informações sobre Declaração Ambiental de Produto ( <i>Environmental Product Declaration</i> – EPD). ....	20
Figura 4.2: Busca de EPDs por país e por tipo de produto.....	21
Figura 4.3: Exemplo de EPD da Votorantim Cimentos.....	21
Figura 4.4: O que faz um material ser sustentável?.....	23
Figura 5.1: Sistema básico de captação de água da chuva.....	29
Figura 5.2: Esquema do sistema básico de captação de água da chuva.....	29
Figura 5.3: Conexão T em detalhes – presença de tampão.....	30
Figura 5.4: Exemplos de estruturas de captação de água da chuva. ....	31
Figura 5.5: Exemplo de tela de folha. ....	33
Figura 5.6: Válvula de descarte com conjunto de tubos. ....	33
Figura 5.7: Válvula de descarte com bola de plástico. ....	34
Figura 5.8: Esquema de lavador de telhado. ....	35
Figura 5.9: Placa informativa de não beba.....	36
Figura 5.10: Sistema Alerta Rio, aba Estatísticas – Acumulados Mensais. ....	37
Figura 5.11: Esquema de tanque de armazenamento de água com captação de água acima do fundo do tanque. ....	38
Figura 6.1: Reduções adicionais nas emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário de Desenvolvimento Sustentável (SDS) versus Cenário de Novas Políticas (NPS). ....	42

Figura 6.2: Contribuição por atividade para economia eficiente de energia em edifícios residenciais e não-residenciais (1 EJ = 10 <sup>18</sup> J).....	43
Figura 6.3: Uso residencial de energia e intensidade energética, 2000-40.....	44
Figura 6.4: Contribuição no uso final na economia de energia total no EWS em 2040. ....	44
Figura 6.5: Selos CONPET e PROCEL do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) realizado pelo INMETRO.....	46
Figura 6.6: Produto <i>Solatube</i> instalado na residência, iluminando o ambiente (esquerda) e ilustração mostrando o mecanismo interno com painel solar (direita). ....	48
Figura 6.7: Luminária do produto <i>Solatube</i> instalada no campus da PUC-Rio.....	48
Figura 6.8: Carta bioclimática de Givoni adotada para o Brasil.....	49
Figura 6.9: Carta bioclimática adaptada. ....	50
Figura 6.10: Zoneamento bioclimático brasileiro.....	50
Figura 6.11: Condições de conforto e estratégias bioclimáticas do Rio de Janeiro, RJ. ....	52
Figura 6.12: Esquema demonstrando como o posicionamento das janelas influenciam na ventilação cruzada.....	53
Figura 6.13: Esquema demonstrando a ventilação cruzada por meio de janelas pivotantes quando o vento é paralelo à janela. ....	53
Figura 6.14: Esquema demonstrando a ventilação por efeito chaminé. ....	53
Figura 6.15: Rosa dos ventos do Rio de Janeiro, RJ.....	54
Figura 6.16: Carta solar do Rio de Janeiro, RJ, período de dezembro a junho (esquerda) e período de junho a dezembro (direita). ....	55
Figura 6.17: Esquema de sombreamento vegetal (esquerda topo), Be Safehouse, São Francisco (direita topo), L'Oasis d'Aboukir (esquerda base) e Musée du Quai Branly, Paris (direita base).....	55
Figura 6.18: Esquema de prateleira de luz (esquerda topo), esquema de cobogó (direita topo) e aplicação de brises na fachada do prédio de Artes e Design, PUC-Rio. ....	56
Figura 6.19: Coletor solar a vácuo.....	57
Figura 6.20: Bomba de calor (esquerda) e componentes da bomba de calor (direita).58	
Figura 6.21: <i>Smart grid</i> – rede com muitos dados e várias direções, prosumidores. ..	60
Figura 6.22: Rede funcionando normalmente (esquerda), interrupção no abastecimento (centro), <i>smart grid</i> detecta problema e redistribui a energia (direita). ....	62
Figura 6.23: Exemplo de medidor inteligente do Reino Unido. ....	63
Figura 6.24: Eletrodomésticos inteligentes, conectados à Internet e ao EMS. ....	64
Figura 6.25: Veículo elétrico ligado à <i>smart home</i> (esquerda), serve de bateria durante consumo elevado (centro) e recarrega durante consumo baixo (direita). ....	65
Figura 6.26: Dados médios anuais de irradiação solar global horizontal, direta normal e no plano inclinado na latitude. ....	67

Figura 6.27: Dados mensais de irradiação solar global horizontal, direta normal e no plano inclinado na latitude. ....	67
Figura 6.28: Potencial de geração solar fotovoltaica no Brasil. ....	68
Figura 6.29: Potencial mensal de geração solar fotovoltaica no Brasil. ....	69
Figura 6.30: Telhas fotovoltaicas da Luxol, compatíveis com as telhas tradicionais. .	71
Figura 6.31: Ciclo fechado e renovável da produção de energia através de biodigestores. ....	75
Figura 7.1: Participação das regiões do país no total de resíduos sólidos coletado. ....	78
Figura 7.2: Índice de cobertura de coleta de resíduos sólidos (%). ....	79
Figura 7.3: Disposição final dos resíduos sólidos coletados no Brasil (t/ano). ....	79
Figura 7.4: Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil. ....	80
Figura 7.5: Exemplo de lixeiras de recolhimento de pilhas e baterias. ....	83
Figura 7.6: Exemplos de lixeiras de coleta seletiva transparentes, para facilitar a correta separação. ....	83
Figura 7.7: Exemplos de composteiras domésticas. ....	87
Figura 7.8: Teste de mão para verificar a umidade do material. ....	88
Figura 8.1: Benefícios das árvores urbanas. ....	92
Figura 8.2: Distribuição de US\$ 1 bilhão em benefícios anuais oriundos das árvores urbanas da Califórnia. ....	92
Figura 8.3: Benefícios da exposição diária a árvores. ....	93
Figura 8.4: Morte em massa de abelhas. ....	95
Figura 8.5: Ervas e plantas que atraem abelhas. ....	97
Figura 8.6: Fazenda urbana desenvolvida em telhado verde no Brooklyn – EUA. ....	102
Figura 9.1: Frequência de trabalho fora do escritório (esquerda) e local de trabalho fora do escritório (direita). ....	105
Figura 9.2: Benefícios do teletrabalho – percepção dos usuários. ....	106
Figura 9.3: Benefícios do trabalho no terceiro lugar. ....	109
Figura 9.4: O que os teletrabalhadores esperam dos espaços de <i>coworking</i> . ....	110
Figura 9.5: Exemplos de amenidades e estilos de espaços de <i>coworking</i> . ....	111



# 1 INTRODUÇÃO

Habitações. Quem consegue viver sem elas? Se até o passarinho joão-de-barro constrói uma casa para morar, imagina se o ser humano seria diferente. Contudo, o impacto causado pela construção da casa do joão-de-barro é infinitamente menor do que aquele causado pela construção da casa do ser humano. E é justamente por este imenso impacto ambiental que é preciso repensar a forma como o ser humano constrói.

Os recursos naturais estão se esgotando a uma velocidade inimaginável. A cada ano a humanidade consome mais rápido a quantidade de recursos que o planeta consegue fornecer. A atmosfera, o solo, os rios e os mares estão extremamente poluídos. O planeta Terra não sustenta mais este desenvolvimento desenfreado, pensando apenas nas necessidades do aqui e do agora.

A indústria da construção civil é uma das que mais impactam negativamente o meio ambiente. Ela desperdiça recursos, emite gases de efeito estufa, impermeabiliza solos, desequilibra as temperaturas locais e desmata as áreas verdes. Porém, é inimaginável não construir residências para uma população que cresce a cada ano.

E não é isso que o desenvolvimento sustentável busca. Ele busca justamente o desenvolvimento presente, para atender as necessidades e os anseios do agora, mas de forma tal que o desenvolvimento das populações futuras seja garantido.

Mais do que isso, ele busca que a humanidade atual se desenvolva, mas se desenvolva com saúde e com um ambiente equilibrado, onde as crianças saibam o que são as florestas, o que são geleiras, o que são rios limpos que se podem nadar, o que é respirar um ar puro, o que é uma abelha e o que é um planeta biodiverso. O desenvolvimento sustentável é uma necessidade do agora, mais do que do futuro.

Tendo isto em vista, é essencial que engenheiros, arquitetos, técnicos, mestres, operários, professores e os consumidores como um todo repensem a forma como as habitações são construídas hoje. Que a humanidade busque formas de atender ao seu

conforto de maneira menos impactante, e, que se for para gerar impacto, que seja positivo.

Este trabalho de conclusão de curso busca analisar a situação presente da problemática dos recursos naturais e das mudanças climáticas, contextualizando para o cenário brasileiro da cidade do Rio de Janeiro, RJ. Além disso, visa propor soluções mais sustentáveis para a construção de edificações residenciais.

Para isso, este trabalho irá tratar dos assuntos sobre água, energia, resíduos sólidos, áreas verdes, escolha de materiais e métodos construtivos, e mudança das formas de trabalho. Ele irá também analisar a percepção de sustentabilidade da população e seu interesse por construções mais sustentáveis a partir de uma análise de mercado.

## **1.1 Objetivo**

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo analisar soluções ambientais para a construção civil, tendo como foco projetos residenciais para a cidade do Rio de Janeiro, RJ – Brasil. Para isto, serão abordados os temas de materiais sustentáveis, métodos construtivos, consumo de água e energia, geração e descarte de resíduos sólidos, construção de áreas verdes e espaços de *coworking*, além de abordar a construção + limpa. Assim, para cada solução, serão apresentadas suas definições, suas vantagens e desvantagens.



## 2 SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO CIVIL

### 2.1 O que é Sustentabilidade

Conforme o conceito definido pelo Relatório Brundtland, “Nosso Futuro Comum”, “desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades”.

Aprofundando este conceito, pode-se dizer que desenvolvimento sustentável é aquele que garante prioritariamente as condições básicas para a sobrevivência humana, como alimentos, água, roupas, abrigos e empregos, mas garante também atender à busca constante do ser humano em aprimorar sua qualidade de vida e seu conforto. Entretanto, este desenvolvimento deve ser feito de tal forma que o meio ambiente, com seus recursos naturais, deva ser protegido e assegurado para as gerações futuras, para que estas também possam atender às suas necessidades humanas.

Ainda complementando o conceito de sustentabilidade e levando em consideração a responsabilidade das indústrias (incluindo a indústria da construção civil), deve-se ter em vista alguns princípios importantes levantados pela Conferência de Estocolmo de 1972:

Princípio 2: Os recursos naturais da terra incluídos o ar, a água, a terra, a flora e a fauna e especialmente amostras representativas dos ecossistemas naturais devem ser preservados em benefício das gerações presentes e futuras, mediante uma cuidadosa planificação ou ordenamento. [...]  
Princípio 5: Os recursos não renováveis da terra devem empregar-se de forma que se evite perigo de seu futuro esgotamento e se assegure que toda a humanidade compartilhe dos benefícios de sua utilização. [...]  
Princípio 18: Como parte de sua contribuição ao desenvolvimento econômico e social deve-se utilizar a ciência e a tecnologia para descobrir, evitar e combater os riscos que ameaçam o meio ambiente, para solucionar os problemas ambientais e para o bem comum da humanidade.

Tendo em vista a construção civil, estes princípios são importantes porque este setor utiliza inúmeros recursos naturais não renováveis, como areia, brita, água, argila, calcário, metais (principalmente o ferro), além de ser responsável por modificar

consideravelmente o meio ambiente, tanto na obtenção das citadas matérias-primas quanto no próprio desenvolvimento da atividade em si, o que acarreta em um grande impacto negativo às paisagens naturais e na conseqüente devastação da fauna e da flora.

Além disso, um fator muito importante do desenvolvimento sustentável relacionado à construção civil são os conceitos de mudanças climáticas definidos na ECO-92, na Convenção sobre Mudança do Clima, cujos princípios aplicáveis são:

Princípio 1 – Artigo 3: As Partes devem proteger o sistema climático em benefício das gerações presentes e futuras da humanidade com base na equidade e em conformidade com suas responsabilidades comuns mas diferenciadas e respectivas capacidades. [...] Princípio 3 – Artigo 3: As Partes devem adotar medidas de precaução para prevenir, evitar ou minimizar as causas da mudança do clima e mitigar seus efeitos negativos. [...] essas políticas e medidas devem levar em conta os diferentes contextos socioeconômicos, ser abrangentes, cobrir todas as fontes, sumidouros e reservatórios significativos de gases de efeito estufa e adaptações, e abranger todos os setores econômicos.

As mudanças climáticas são relevantes para a construção civil já que esta é responsável pelas emissões de gases do efeito estufa (GEE) durante a extração das matérias primas, durante a atuação de maquinários e durante a fabricação de insumos, principalmente no caso do cimento, já que, além do seu processo industrial, a própria reação química produz CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono).

E ainda, as edificações e as obras de arte especiais (como pontes, viadutos, e barragens) interferem consideravelmente no albedo (refletividade difusa de uma superfície, ex.: neve  $\alpha = 0,80 - 0,90$ ) da superfície terrestre e no aprisionamento dos GEE por parte das árvores, o que também contribui bastante para as mudanças climáticas, principalmente a nível local (fenômeno das ilhas de calor), mas também a nível global.

## **2.2 Cenário Brasileiro**

É importante salientar que o Brasil faz parte de diversos acordos internacionais quanto à proteção do clima e do meio ambiente (por exemplo, o Acordo de Paris – COP21 e o Rio+20), e que a própria Constituição Federal defende rigidamente o meio

ambiente, possuindo inclusive diversas resoluções CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) que controlam rigidamente as emissões industriais.

A Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). Ainda que tenha sido redigida há muitos anos, possui princípios muito interessantes e atuais, sendo considerada uma lei ambiental muito boa e que serve de exemplo para inúmeros países, inclusive àqueles mais desenvolvidos.

Seu princípio essencial é o de considerar o meio ambiente como patrimônio público a ser necessariamente protegido, objetivando o uso comum. Neste princípio, o meio ambiente é de todos, bem como é dever de todos protegê-lo.

Outros pontos de destaque nesta lei são de extremo valor à construção civil, devido à sua grande capacidade de causar impacto ambiental negativo. São eles:

Artigo 2º - Inciso III: planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais; Inciso IV: proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas; Inciso V: controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras; Inciso VI: incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais; [...] Artigo 4º: A Política Nacional do Meio Ambiente visará: Inciso I: à compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico; [...] Inciso V: à difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, à divulgação de dados e de informações ambientais e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico. [...] Parágrafo Único: As atividades empresariais públicas ou privadas serão exercidas em consonância com as diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente.

Pode-se assim mostrar o dever de todas as construtoras e empresas de engenharia de desenvolver projetos e executar obras da forma mais sustentável possível, fazendo uso das melhores e mais modernas tecnologias existentes no mercado, conforme é previsto em lei. Entretanto, a realidade brasileira para a construção civil não é tão sustentável quanto deveria e poderia ser.

Segundo Penido Monteiro *et al.* (2001), a indústria da construção civil é a que mais explora recursos naturais e é a que mais produz resíduos sólidos. Ainda segundo o autor, o Brasil possui uma produção média de resíduos oriundos da construção de novas

edificações no valor de 300 kg/m<sup>2</sup> edificado, o que é muito maior do que o valor gerado por países desenvolvidos (100 kg/m<sup>2</sup>). Para o autor, isto se deve a uma tecnologia construtiva que favorece o desperdício na execução de novas edificações e que é, no geral, antiga e que resiste bastante a mudanças e modernizações.

Como ilustra o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2017), o país coletou cerca de 45 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD) no ano de 2017. Na Figura 2.1, pode-se observar quanto foi coletado de RCD, por dia, para cada região brasileira.

RCD Coletado (t/dia) por Região Brasileira (2017)

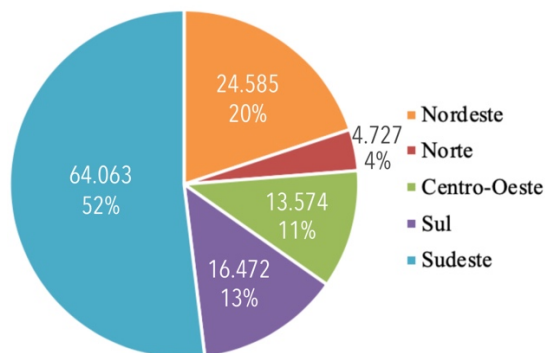


Figura 2.1: Resíduos de construção e demolição coletados por tonelada/dia por região brasileira, em 2017.

Fonte: ABRELPE (2017).

A partir do gráfico acima, nota-se que a região sudeste é a que mais produz resíduos oriundos da construção civil, detendo 52% de todas as coletas e possuindo uma coleta diária de 64.063 toneladas de RCD.

Quanto às emissões de gases do efeito estufa (GEE), segundo dados das Nações Unidas (site CTE, 2013), estima-se que a construção civil seja responsável por 1/3 (um terço) das emissões atmosféricas. Mundialmente, no que diz respeito às edificações, 80 a 90% dessas emissões são provenientes das etapas de uso e operação, que são as etapas que consomem energia elétrica, os outros 10 a 20% são gerados pela extração e processamento de matérias-primas, fabricação de produtos e pela construção e demolição.

Já para o Brasil, este cenário tende a ser um pouco distinto. Isto porque a matriz elétrica brasileira é mais “limpa” do que a matriz mundial. Conforme exposto nas Figuras 2.2 e 2.3, a principal fonte de energia no mundo são os combustíveis fósseis (carvão e gás natural), enquanto, no Brasil, a fonte majoritária é a hidráulica.

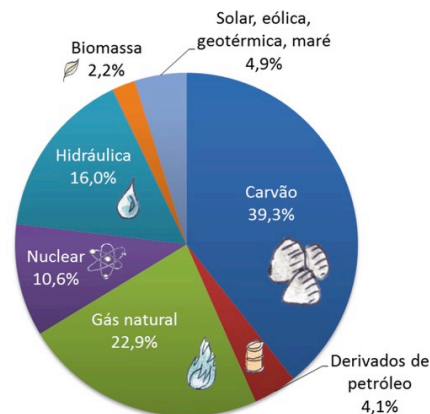


Figura 2.2: Matriz elétrica mundial, 2015.  
Fonte: EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2015).

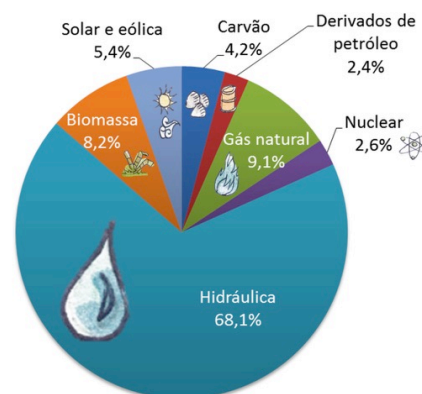


Figura 2.3: Matriz elétrica brasileira, 2016.  
Fonte: EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2016).

Devido a esta diferença, as emissões oriundas da fabricação de produtos e da própria construção se tornam muito mais importantes. Isto pode ser observado pelos dados de emissões de duas grandes empresas brasileiras de construção civil, Construtora Norberto Odebrecht (Figura 2.4) e Andrade Gutierrez Engenharia (Figura 2.5), disponíveis no site Registro Público de Emissões – Programa Brasileiro *GHG Protocol* (2018). Cabe ressaltar que as diminuições nas emissões não se devem a uma maior eficiência dos processos, mas sim ao cenário de crise econômica brasileira, que reduziu a produção.

## Estatísticas

Emissões – Construtora Norberto Odebrecht

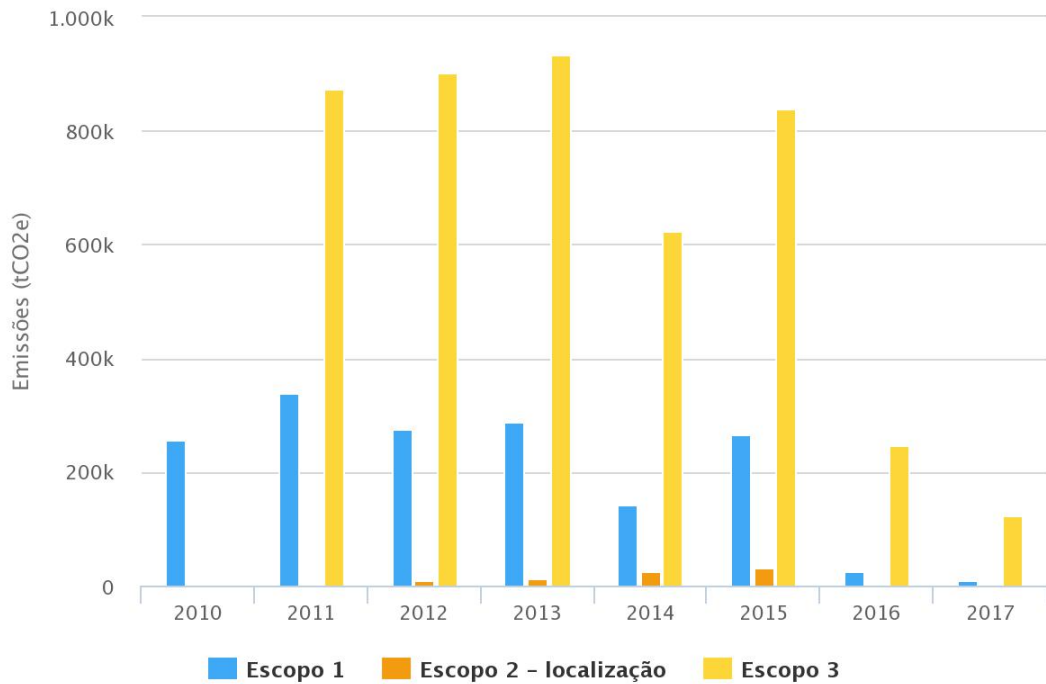


Figura 2.4: Emissões anuais de GEE em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (tCO<sub>2</sub>e) por escopo para a Construtora Norberto Odebrecht.

Fonte: Registro Público de Emissões – Programa Brasileiro *GHG Protocol* (2018).

## Estatísticas

Emissões – Andrade Gutierrez Engenharia

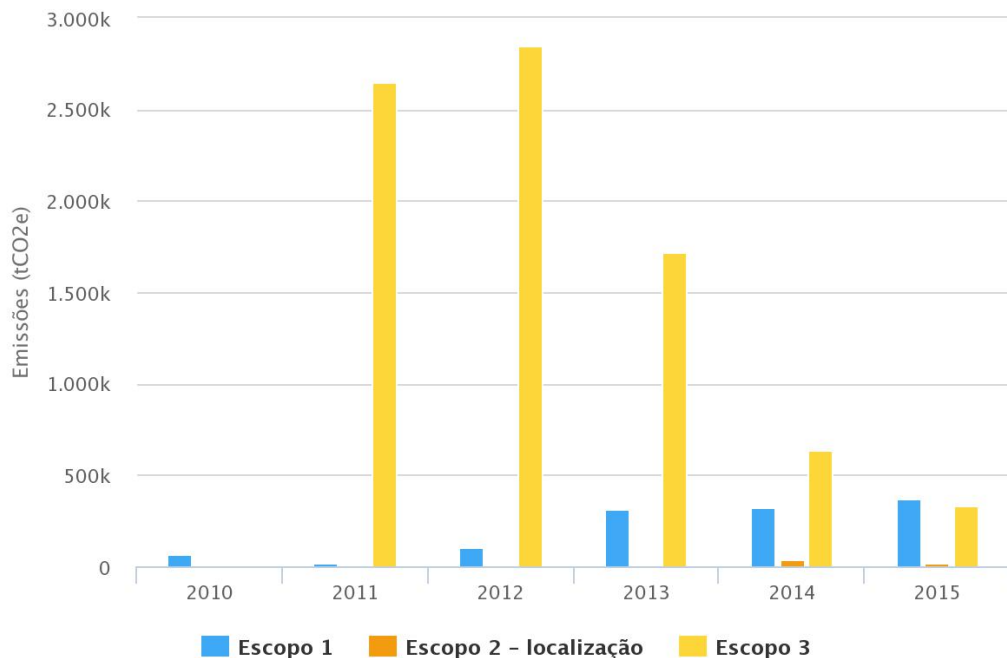


Figura 2.5: Emissões anuais de GEE em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (tCO<sub>2</sub>e) por escopo para a Andrade Gutierrez Engenharia.

Fonte: Registro Público de Emissões – Programa Brasileiro *GHG Protocol* (2018).

Para entender estes dados é preciso saber o que cada escopo representa. De acordo com o *GHG Protocol Brasil*, as definições dos três escopos são:

Escopo 1: são as emissões de GEE oriundas de fontes pertencentes (em caso do uso da abordagem de participação societária) ou controladas (sob a abordagem de controle) pela empresa. A quantificação das emissões de Escopo 1 é considerada obrigatória pelo *GHG Protocol*.

Escopo 2: são as emissões de GEE oriundas da compra de energia elétrica da rede ou vapor. Como a empresa inventariada não detém controle operacional sobre a geração dessa energia, tais emissões, alocadas sob o escopo 2, são consideradas indiretas. A quantificação das emissões de Escopo 2 também é considerada obrigatória pelo *GHG Protocol*.

Escopo 3: são as outras emissões indiretas que ocorrem ao longo da cadeia de valor. Mais especificamente, são as emissões provenientes da extração e produção de matérias-primas, transporte de funcionários, emissões relativas ao uso final dos produtos, viagens de funcionários, transporte de combustíveis adquiridos, etc.

Como é possível notar pelas Figuras 2.4 e 2.5 acima, o escopo 2, conforme esperado, quase não possui emissões de GEE se comparado aos escopos 1 e 3. Cabe destacar ainda a grande diferença de emissões entre os escopos 1 e 3, o que ilustra que a maioria das emissões da construção civil é proveniente das atividades de extração e produção de matérias-primas, como o cimento e o aço.

Nas Figuras 2.6 e 2.7, expõem-se os dados fornecidos pelo Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCTIC, 2015) para as emissões das produções de metais e produtos minerais, como cimento e cal.

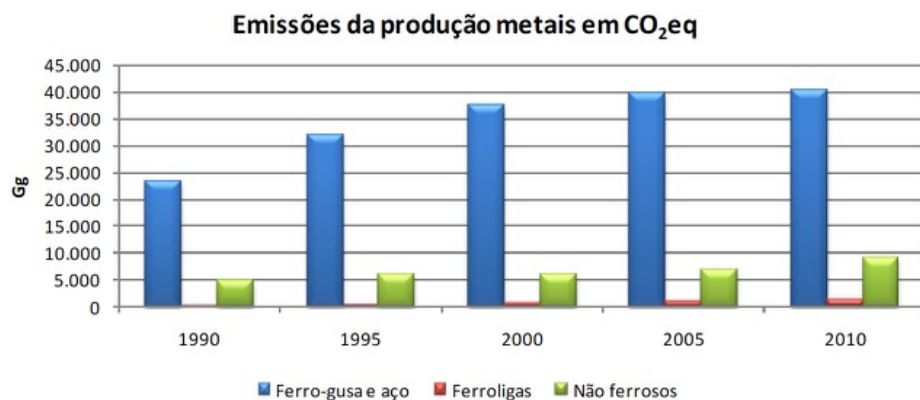


Figura 2.6: Emissões de GEE em CO<sub>2</sub> equivalente da produção de metais no Brasil. Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTIC (2015).

**Produção de cal, outros usos de calcário e dolomita, uso da barrilha**

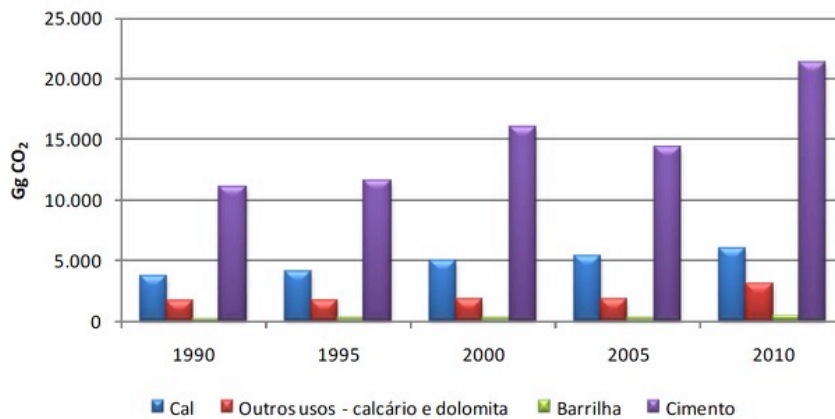


Figura 2.7: Emissões de CO<sub>2</sub> da produção de produtos minerais no Brasil.  
 Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTIC (2015).

Observando estes dados, e considerando o ano de 2010 e apenas as informações para cimento, ferro-gusa e aço, calcula-se que apenas a produção dos principais componentes da construção civil emitiu mais de 61.000 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Todas estas informações mostram a importância de o país modificar sua forma de construir, investindo em novos projetos e em novas tecnologias mais sustentáveis, além de mostrar ser de extrema necessidade a redução de desperdícios de materiais e de retrabalho no canteiro de obras.



### 3 A SUSTENTABILIDADE TEM CLIENTES?

Para saber um pouco sobre o perfil dos clientes que buscam por edifícios sustentáveis e sobre o que estes clientes buscam ao pensar em sustentabilidade residencial, uma pesquisa de mercado foi realizada através do aplicativo Formulário do Google Drive, que é uma plataforma que permite o público em geral criar formulários eletrônicos.

A pesquisa, intitulada Edifícios Sustentáveis, continha trinta e três (33) perguntas divididas em três seções: dados básicos, com nove (9) perguntas, perfil sustentável com dez (10) e edifícios sustentáveis com quatorze (14).

A seção Dados Básicos continha as perguntas:

- a) Gênero;
- b) Idade;
- c) Nacionalidade;
- d) Estado de residência;
- e) Cidade de residência;
- f) Bairro de residência;
- g) Escolaridade;
- h) Instituição de Ensino Superior;
- i) Profissão;

A seção Perfil Sustentável continha as perguntas:

- a) Você se considera uma pessoa preocupada com o meio ambiente?
- b) Você é vegetariano? Vegano? Participa do “segunda sem carne”?
- c) Você consome alimentos orgânicos?
- d) Você economiza água?
- e) Você recusa utensílios descartáveis?
- f) Você usa sacolas retornáveis?



- g) Você economiza papel?
- h) Você separa seu lixo em reciclável e não reciclável?
- i) Você economiza luz?
- j) Você faz uso de transporte público?

A seção Edifícios Sustentáveis continha as perguntas:

- a) Você acha importante que seu prédio seja construído com materiais mais ecológicos?
- b) Você acha importante que seu prédio tenha captação de água das chuvas?
- c) Você acha importante que seu prédio faça uso de água de chuveiro e torneira?
- d) Você acha importante que seu prédio tenha eficiência energética?
- e) Você acha importante que seu prédio faça uso de energia solar?
- f) Você acha importante que seu prédio faça parte de uma *smart grid*?
- g) Você acha importante que seu prédio faça coleta seletiva?
- h) Você acha importante que seu prédio faça compostagem?
- i) Você acha importante que seu prédio tenha áreas verdes (jardins)?
- j) Você acha importante que seu prédio tenha telhado verde?
- k) Você acha importante que seu prédio tenha hortas?
- l) Você acha importante que seu prédio tenha sala para que você possa trabalhar de casa?
- m) Você acha importante que seu prédio tenha sido construído com métodos mais eficientes, com uma obra mais limpa, com pouca geração de entulho e com projetos bem elaborados?
- n) Você aceitaria pagar mais caro inicialmente por um edifício sustentável?

O formulário foi compartilhado através das redes sociais e contou com a participação de amigos e familiares para ajudar na sua divulgação. Após 3 dias, o formulário obteve 249 respostas.

Do público que respondeu ao questionário, 69,1% eram do sexo feminino, 99,2% eram brasileiros, 83,1% moravam na cidade do Rio de Janeiro, 92,7% tinham pelo menos ensino superior incompleto, 47,3% estudaram/estudam na PUC-Rio, UFRJ, UERJ, UFF, CEFET e FGV (todas universidade cariocas de alto nível).



Figura 3.1: Dados básicos dos entrevistados – 69,1% do sexo feminino e 86,4% com idade entre 21 e 60 anos.

Fonte: Pesquisa Edifícios Sustentáveis (2018).



Figura 3.2: Dados básicos dos entrevistados – 83,1% habitam no Rio de Janeiro, 92,7% possuem pelo menos o nível superior incompleto.

Fonte: Pesquisa Edifícios Sustentáveis (2018).

Quanto ao perfil sustentável das pessoas que responderam ao questionário, 85,2% se consideram preocupados com o meio ambiente. Contudo, os resultados apontam que a preocupação do público é mais ativa em questões que já estão em discussão há muitos anos, como economia de água, luz, papel e reciclagem, mas é menos ativa em atitudes de diminuição de impacto mais recente, como consumo de alimentos orgânicos, redução do consumo de alimentos de origem animal e uso de utensílios descartáveis, como sacolas plásticas, talheres, copos, canudos e pratos descartáveis (Figura 3.3).

Já quanto ao uso de transporte público, os entrevistados se dividiram bastante, com a maior quantidade de respostas indo para os dois extremos: não utilização (25,3%) e utilização durante todos os dias da semana (24,1%). Entretanto, o estudo mostrou que

40,9% utilizam transporte público pelo menos cinco vezes na semana, o que é uma parcela considerável.



Figura 3.3: Perfil sustentável dos entrevistados.  
Fonte: Pesquisa Edifícios Sustentáveis (2018).

Quanto à sensibilidade do público às medidas de sustentabilidade que podem ser adotadas nas edificações, as respostas indicaram um forte interesse do público em edifícios sustentáveis, sendo este um mercado promissor.

A ressalva é que as medidas com maiores interesses são aquelas vastamente conhecidas, enquanto que as medidas mais modernas e pouco discutidas não apresentaram um interesse tão significativo.

As medidas que possuíram maior interesse foram (Figura 3.4): ter eficiência energética (90,8%), fazer captação de água das chuvas (89,6%), fazer coleta seletiva (89,2%), fazer captação de energia solar (85,5%), ter áreas verdes (84,3%) e fazer uso de água de reuso (82,7%).

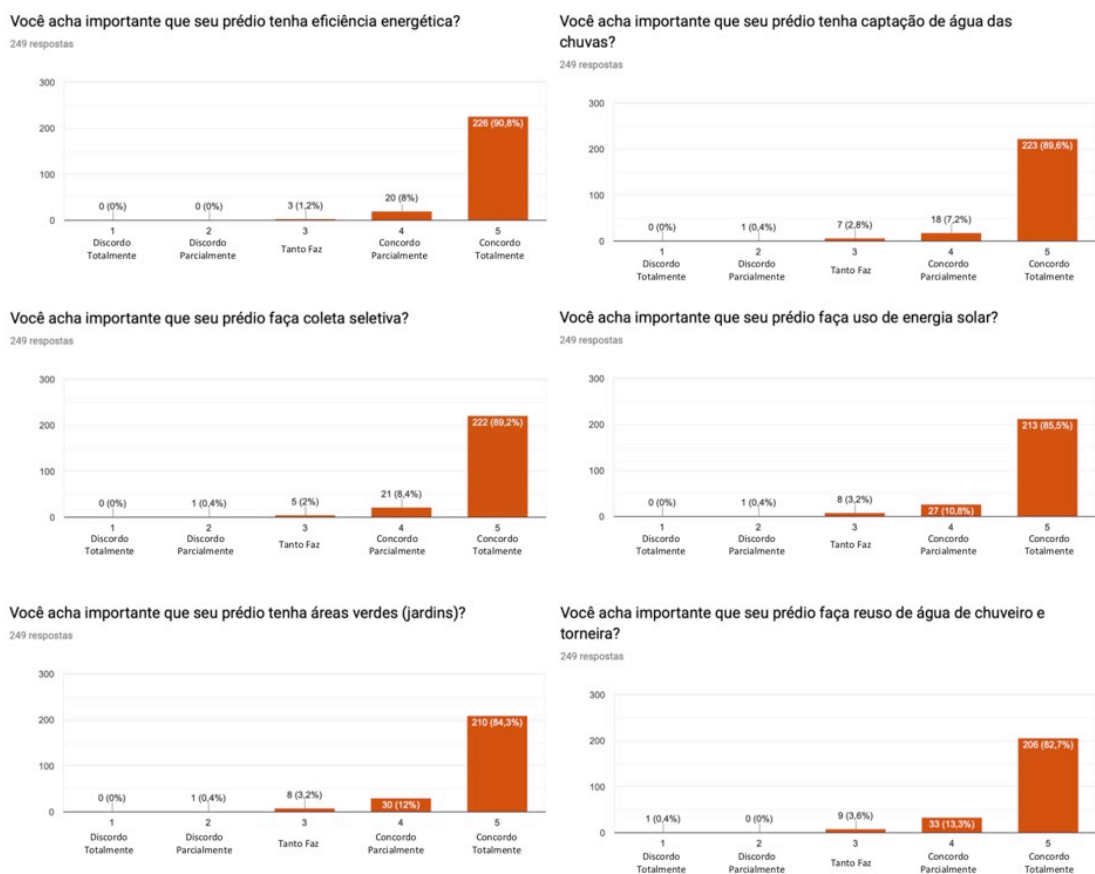


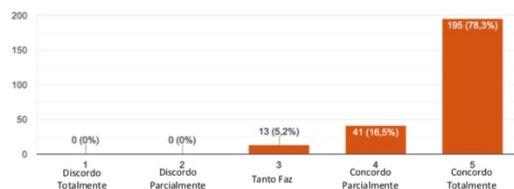
Figura 3.4: Edifícios sustentáveis – medidas com maior interesse.  
Fonte: Pesquisa Edifícios Sustentáveis (2018).

A medida com menor interesse foi ter espaço de *coworking* (39,4%). Inclusive, 14,4% mostraram ser contra a implementação. Acredita-se que esta falta de interesse e até rejeição se deve ao fato de o Brasil ainda não ter uma cultura muito desenvolvida de flexibilização do trabalho (Figura 3.6).

Contudo, o cenário mundial mostra que, em um futuro próximo, a maioria dos trabalhadores irão trabalhar fora dos escritórios, ou em casa, ou em espaços de *coworking*.

Você acha importante que seu prédio tenha sido construído com métodos mais eficientes, com uma obra mais limpa, com pouca geração de entulhos e com projetos bem elaborados?

249 respostas



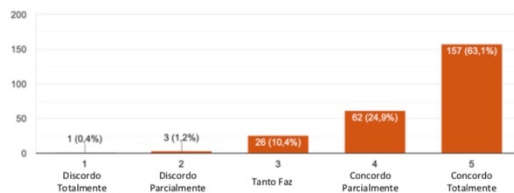
Você acha importante que seu prédio seja construído com materiais mais ecológicos?

249 respostas



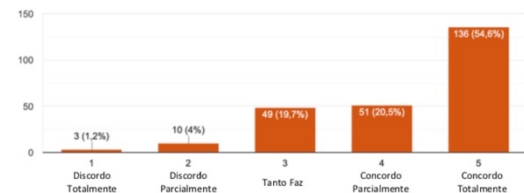
Você acha importante que seu prédio faça parte de uma smart grid?

249 respostas



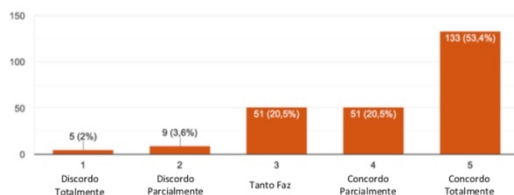
Você acha importante que seu prédio faça compostagem?

249 respostas



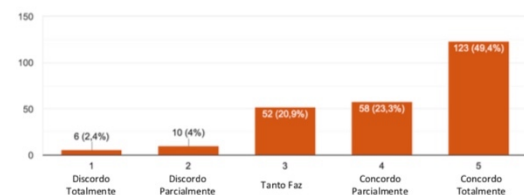
Você acha importante que seu prédio tenha telhado verde?

249 respostas



Você acha importante que seu prédio tenha hortas?

249 respostas



Você acha importante que seu prédio tenha sala para que você possa trabalhar de casa?

249 respostas



Figura 3.5: Edifícios sustentáveis – medidas com menor interesse.

Fonte: Pesquisa Edifícios Sustentáveis (2018).

Outro ponto de ressalva foi a resposta dos entrevistados quanto a possibilidade de pagar mais inicialmente pelos edifícios sustentáveis. Dentre os entrevistados, apenas 39,8% concordam em pagar mais caro pela residência e 36,1% concordam parcialmente.

Este dado mostra a importância de conscientizar os possíveis compradores que o possível preço mais caro, se comparado com o resto do mercado, será compensado com a redução dos gastos ao longo da vida útil da edificação e possíveis isenções fiscais promovidas pelos governos.

Contudo, cabe dizer que não necessariamente o custo de construção destes edifícios será mais caro do que edificações convencionais. Isto porque muitas medidas economizam recursos, tanto materiais, quanto monetários, o que minimiza os custos. Além disso, é possível que os governos implementem incentivos fiscais para produtos mais eficientes e mais sustentáveis, facilitem os financiamentos para compra de residências nestas edificações e tributem mais severamente as residências que não adotem medidas de sustentabilidade na construção.

**Você aceitaria pagar mais caro inicialmente por um edifício sustentável?**

249 respostas

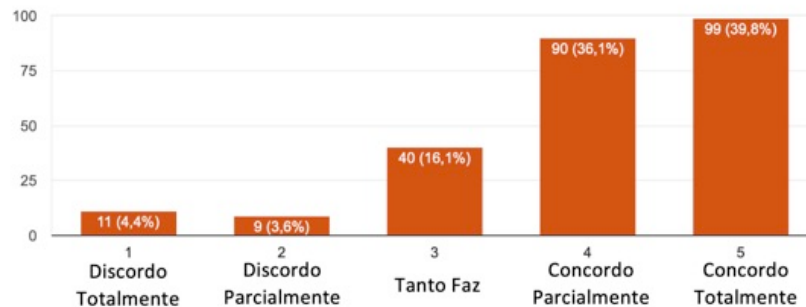


Figura 3.6: Edifícios sustentáveis – aceitação de um custo mais alto.  
Fonte: Pesquisa Edifícios Sustentáveis (2018).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS CONSTRUTIVOS SUSTENTÁVEIS

Quando se pensa em construção civil e o quanto esta atividade causa impactos ao meio ambiente, logo se pensa em soluções para os materiais de construção e para os métodos construtivos utilizados por esta indústria.

No Brasil, a construção civil tem uma cultura construtiva muito ruim, que prioriza o desperdício e o “faz de qualquer jeito”. Esta indústria é uma indústria ainda muito arcaica, que resiste de todas as formas a mudanças, e esta resistência é encontrada em todos os níveis hierárquicos de uma obra, bem como em todos os setores.

Na realidade, o Brasil despende pouquíssimo tempo e dinheiro desenvolvendo seus projetos. Isto sem contar os diversos casos de obras iniciando já sem a presença de um projeto, ou fazendo uso apenas do projeto básico. A nível de execução, os projetos muitas vezes não são seguidos e novas ideias e sugestões, no geral, são cortadas e rejeitadas sem ao menos serem ouvidas. E, quando são ouvidas, muitas vezes não são cumpridas pela equipe de trabalhadores, que consideram desnecessárias as formas de trabalho diferentes da tradicional.

Para que ocorram mudanças significativas e que minimizem de fato os impactos da construção, é preciso, prioritariamente, modificar a cultura construtiva brasileira e dar destaque e incentivos às empresas que estão se modernizando e se modificando.

Obviamente, modificar uma cultura leva tempo e necessita principalmente que a qualidade do ensino público, tanto básico, quanto de nível médio, melhore e que a educação receba os devidos recursos da administração pública.

Mudanças no ensino e administração pública não são o assunto principal deste trabalho, entretanto este capítulo visa sugerir algumas medidas que podem ser adotadas para minimizar as degradações causadas pela construção civil.

#### 4.1 Materiais Sustentáveis

No geral, as pessoas tendem a achar que materiais sustentáveis são aqueles que se dizem ecológicos, como os tijolos ecológicos. Porém, não basta ter o nome de ecológico, é preciso de fato ser.

Por exemplo, é muito comum pensar que a energia solar é uma energia bastante limpa e que causa pouco impacto ao meio ambiente. Entretanto, dependendo de como e onde os painéis são fabricados e de como é o sistema instalado (se possui ou não bateria integrada), a energia solar pode passar a ser bastante poluidora.

Isto porque as baterias, que causam grande impacto no seu descarte, precisam ser trocadas a cada cinco anos, ou seja, durante a vida útil do sistema de captação de energia solar (30 anos) é preciso trocar a bateria seis vezes. Além disso, caso os painéis e peças do sistema sejam fabricados muito longe do local de utilização, na China, por exemplo, existe todo o impacto das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e de outros efluentes (óleos dos navios) e da invasão de fauna e flora exógenas (que desequilibram o ambiente local) ocasionado pelo transporte deste material.

Sendo assim, é de grande importância que seja feita uma análise do ciclo de vida dos materiais (ACV ou LCA – *Life Cycle Analysis*) ao escolher suas especificações e marcas.

A análise do ciclo de vida de um material consiste em analisar e quantificar os impactos gerados por um produto ao longo de toda a sua vida, desde a extração e transporte das matérias-primas, passando pela produção e transporte do produto em si até o consumidor, continuando pela sua fase de utilização e terminando com a avaliação das suas possibilidades de descarte.

Esta análise pode ser feita apenas visando os gastos energéticos, sendo chamada de análise energética do ciclo de vida ou, em inglês, *Energy Life Cycle Analysis*, ou pode priorizar apenas as emissões de GEE, ou, ainda, englobar todos os tipos de impacto

gerados por este produto: consumo de energia, emissões de GEE, uso de água, geração de empregos, matérias-primas renováveis, geração de resíduos e efluentes, reciclagem ou reutilização, dentre outros parâmetros. Esta análise mais global é a mais indicada.

Existem diversos artigos científicos que abordam os mais variados produtos, e que inclusive fazem comparação entre modelos e atualizações, como é o caso das lâmpadas (LED, fluorescente e incandescente).

Outra forma muito boa de ter informações sobre os materiais são as Declarações Ambientais de Produto (DAP), ou, em inglês, *Environmental Product Declaration* (EPD). Estas EPDs são recomendadas pela certificação LEED de sustentabilidade e fornecem informações sobre o ciclo de vida dos materiais.

O site *EPD – The International EPD System* (sem data) fornece todas as declarações feitas no mundo, além de informações sobre como os fabricantes podem desenvolvê-las.

Na aba “*Search the EPD database*” (Figura 4.1) é possível ter acesso a todas as declarações separadas por país e por tipo de produto (Figura 4.2).

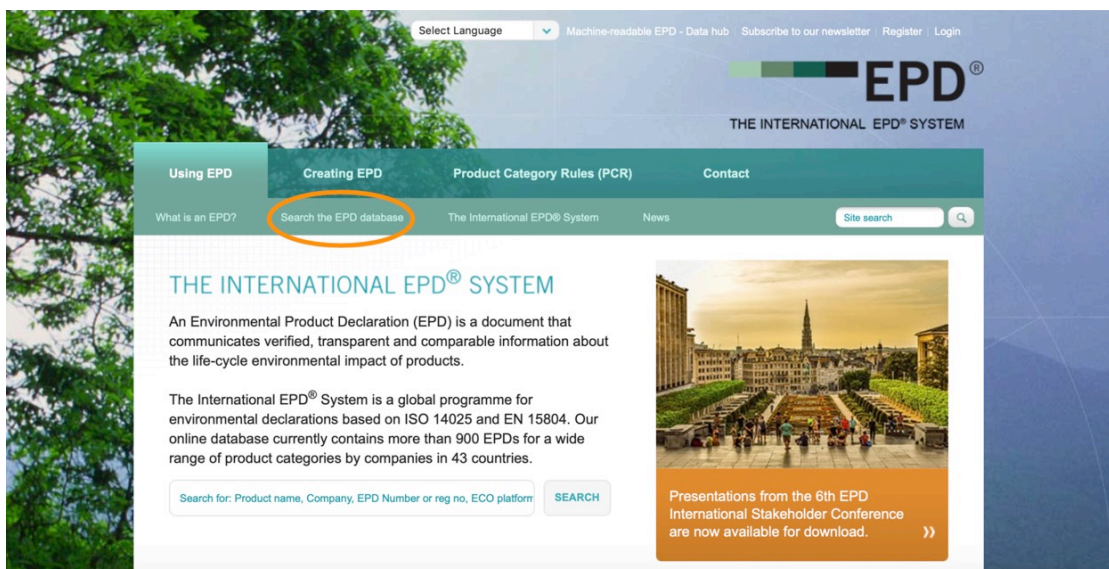


Figura 4.1: Site da EPD, onde é possível obter todas as informações sobre Declaração Ambiental de Produto (*Environmental Product Declaration* – EPD).

Fonte: *EPD – The International EPD System* (2018).

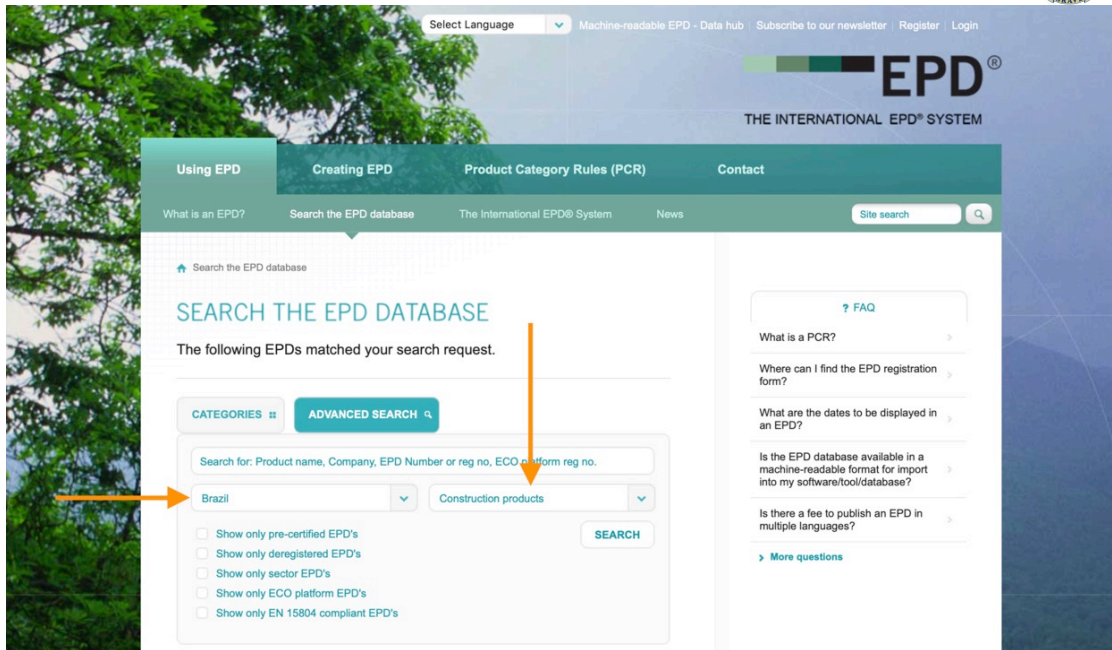


Figura 4.2: Busca de EPDs por país e por tipo de produto.  
 Fonte: EPD – The International EPD System (2018).

Todavia, até o momento, o Brasil possui poucas empresas que desenvolveram as EPDs de seus produtos. A única empresa de cimento e concreto, por exemplo, que possui informações sobre seu ciclo de vida na plataforma é a Votorantim Cimentos (Figura 4.3).



Figura 4.3: Exemplo de EPD da Votorantim Cimentos.  
 Fonte: EPD – The International EPD System (2018).

Para um material ser considerado sustentável, também não basta somente analisar os impactos ambientais que ele causa, mas deve-se analisar ainda os impactos sociais do produto.

Estes impactos sociais estão relacionados às condições de trabalho que os funcionários de todas as empresas envolvidas no ciclo de vida do produto estão sujeitos. Em outras palavras, trata-se da responsabilidade social do fabricante: não é suficiente que os funcionários do fabricante tenham condições adequadas de trabalho, é preciso que os funcionários dos fornecedores (responsáveis pela extração e processamento das matérias-primas e outros insumos), e dos transportadores também tenham condições próprias de trabalho.

Como qualquer consumidor comum, é de extrema importância que as empresas busquem informações sobre os fabricantes dos produtos utilizados para não serem coniventes com condições de trabalho degradantes, trabalho escravo, trabalho infantil, maus tratos e discriminações.

Em resumo, o que faz um material ser sustentável (Figura 4.4)?

- a) Renovabilidade das matérias-primas e insumos;
- b) Forma de extração e fabricação das matérias-primas e insumos;
- c) Condições de trabalho das empresas fabricantes, fornecedoras e transportadoras;
- d) Impactos ambientais gerados pelo produto, em sua fabricação, uso, descarte, transporte e obtenção de insumos, como emissões de GEE, desperdício de materiais, consumo de energia e água, dentre outros – Análise do Ciclo de Vida;
- e) Contribuição deste material no desempenho da edificação: melhoria da eficiência energética, diminuição do consumo de água, entre outros;
- f) Toxicidade do material.



Figura 4.4: O que faz um material ser sustentável?  
 Fonte: UGREEN – em parte (2018).

## 4.2 Métodos Construtivos

Algumas medidas podem tornar os métodos construtivos mais sustentáveis e a principal medida que deve ser adotada é melhorar o desenvolvimento dos projetos.

É sabido que o desenvolvimento dos projetos definem cerca de 85% do custo da obra, porque é nesta fase que se definem os materiais a serem adotados, a forma como a obra será feita, se serão usados materiais pré-moldados e pré-fabricados, ou moldados e fabricados in loco, se usarão métodos automatizados e robotizados de construção ou mão-de-obra tradicional, entre outros.

Do mesmo modo, o bom desenvolvimento dos projetos tem papel fundamental na definição de mais ou menos retrabalhos e demolições na fase de execução. Isto porque projetos bem desenvolvidos garantem que todos os componentes da edificação

(instalações elétricas, hidrossanitárias, pluviais, combate a incêndio, arquitetura, estrutura, e assim por diante) estão compatibilizados, ou seja, não existem problemas de, em um mesmo local, estarem passando duas ou mais instalações que ou não podem estar juntas, ou que não tem espaço físico suficiente para a existência de todas.

Para resolver este empecilho, o ideal é que a fase de desenvolvimento de projetos tenha o tempo e os recursos econômicos necessários para sua boa realização, garantindo que os melhores profissionais e mais qualificados façam parte da equipe.

Além disso, a utilização de softwares avançados de projetos, que fazem uso do sistema BIM (*Building Information Modeling* – Modelagem de Informações de Construção), como o *Revit* da *AutoDesk*, é muito interessante e traz diversos benefícios.

Estes softwares conseguem integrar todas as instalações e componentes arquitetônicos e estruturais de uma edificação dificultando a ocorrência de incompatibilizações no projeto. Eles também fornecem diversas informações sobre desempenho (energético, térmico, estrutural), ajudam a planejar melhor a execução da obra e fornecem ao cliente uma ideia mais clara sobre o projeto, diminuindo mudanças posteriores e atendendo melhor às suas demandas.

Outra forma de tornar a construção mais sustentável é realizar bons planejamentos e bons cronogramas. Isto porque prever como a obra será executada impede que etapas consecutivas ocorram em ordem contrária, precisando desfazê-las integralmente ou parcialmente. Por exemplo, o fechamento do forro só pode ser executado depois de todas as instalações do entreforro terem sido finalizadas.

Planejar bem a obra também impede que, no momento da execução de alguma etapa, esteja faltando algum material, fazendo com que seja preciso comprar em uma loja próxima um material diferente do que foi especificado e escolhido cuidadosamente levando em consideração a sustentabilidade. E ainda, impede que uma quantidade de material seja comprada além do necessário, sendo desperdiçada.

Estas medidas propostas são realizadas antes da execução do projeto, ainda na fase de concepção e planejamento, mas também existem medidas que podem ser adotadas na própria fase de execução.

Além da incompatibilização entre os projetos, outra grande causa de retrabalhos e demolições durante a execução é o “fazer de qualquer jeito”. Muitas vezes, a equipe que está executando a obra (engenheiros, mestres, pedreiros) não liga para a qualidade do serviço realizado, executando-os de forma desleixada e mal acabada e passando despercebido por erros de execução, que vão se estendendo até a entrega da edificação ao cliente, que, em sua maioria, não fica satisfeito com o resultado, exigindo que seja refeito.

Para que este problema seja evitado, é essencial que a equipe seja bem treinada e que a obra seja fiscalizada. Seria interessante que, a cada serviço realizado, uma equipe de controle de qualidade/fiscalização conferisse a execução do serviço, garantindo que aquela etapa foi feita de forma satisfatória e dentro da qualidade exigida. Isto evita que um problema inicial se estenda até a finalização (efeito bola de neve), diminuindo os desperdícios, pois logo que o erro é cometido, ele já é corrigido.

Por exemplo, para a realização de uma parede de alvenaria, diversos serviços são necessários, como marcação da prumada, assentamento dos tijolos, aplicação de emboço, massa e pintura. Ao final de cada um destes serviços, a equipe de controle de qualidade conferiria o que foi executado: para a marcação da prumada seria observado se o posicionamento está conforme o projeto (dimensões e posicionamento); para o assentamento dos tijolos se foi feito conforme prumo e esquadro, para a aplicação de emboço e massa se o prumo foi mantido e se não foram feitos com espessura elevada e para a aplicação de tinta se ela não foi desperdiçada e se foi bem aplicada.

## 5 ÁGUA

Conforme a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, a água é um recurso natural limitado dotado de valor econômico, cujo domínio é público.

Estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada. Os outros 2,5% são água doce, dos quais, 69% estão concentrados em geleiras, 30% armazenados em aquíferos e 3% estão disponíveis nos rios (Agência Nacional de Águas – ANA, sem data).

É inimaginável e impossível sobreviver sem água. Ela é o recurso natural que possibilitou toda a existência de vida no planeta Terra e mantém todo o ciclo da vida.

Segundo o site das Nações Unidas (sem data), “a água está no cerne do desenvolvimento sustentável e é crítica para o desenvolvimento socioeconômico, para a produção de energia e alimentos, para ecossistemas saudáveis e para a sobrevivência humana propriamente dita”.

A água, junto com o saneamento básico, são vitais para diminuir os problemas de saúde e os casos de epidemias, além de serem importantíssimos para melhorar a saúde, a educação e a produtividade econômica das populações.

Dados do site da ONU (sem data) mostram que a escassez de água já atinge 4 entre 10 pessoas no mundo, um quinto (1/5) da população mundial vive em áreas de privação de água enquanto outros um quarto (1/4) tem problemas de carência econômica de água (falta de infraestrutura para captar água dos rios e dos aquíferos). Estima-se ainda que, em 2025, dois terços (2/3) da população sofrerá com condições de estresse hídrico.

Por isso, é de extrema importância que toda a população mundial faça uso da água de forma consciente e que garanta seus padrões de qualidade e de disponibilidade. A água é um bem e uma responsabilidade de todos.

Além disso, foi exposto no relatório da ONU (UN WATER, 2014) que

Há evidência clara que os estoques subterrâneos de água estão diminuindo, com uma estimativa de 20% dos aquíferos mundiais sendo superexplorados, alguns massivamente. Globalmente, a taxa de captação de água subterrânea aumenta de 1% a 2% ao ano.

Sabe-se que as obras de engenharia ajudam a diminuir as taxas de infiltração de água nos solos à medida que “impermeabilizam” grandes áreas de solo ao asfaltar estradas, ao compactar os solos, ao construir prédios, ao calçar superfícies com concreto e ao suprimir áreas de vegetações.

Cada vez mais, as águas das chuvas estão infiltrando menos para os aquíferos e estão sendo mais carregadas aos rios e aos mares, o que não é interessante, pois além de aumentar os casos de enchentes nas cidades, as águas estão se tornando mais insalubres, poluídas e mais salinas, e ainda, os lençóis freáticos estão se extinguindo, bem como as nascentes dos rios.

Tendo todo este cenário em vista, é crucial que os projetos de engenharia sejam desenvolvidos de forma a minimizar desperdícios de água, a utilizá-la ao máximo antes de descartá-la na rede pluvial e a maximizar a infiltração de água nos solos, assim como manter áreas verdes nos terrenos.

### **5.1 Captação de Água das Chuvas**

A captação de água das chuvas é uma técnica usada há muitos séculos em diversas partes do mundo, como na China, nas Filipinas, na Índia, na Tailândia, no Egito e na Roma Antiga (KAFIN *et al.*, 2008).

Esta técnica consiste em captar água da chuva que escoar pelas superfícies das edificações, normalmente por telhados, filtrá-la e armazená-la. Esta água pode ser usada tanto para usos não-potáveis, como irrigar o jardim, lavar os carros, lavar roupa e dar descarga nos vasos sanitários, quanto para usos potáveis, como cozinhar, beber e tomar banho.

Em muitos lugares, a captação de água das chuvas está sendo muito utilizada para suprir todas necessidades de uso de água nas residências, inclusive sendo incentivada pelos governos. Este é o caso dos estados do Texas e do Oregon nos Estados Unidos. Ambos os estados possuem manuais para projetar e instalar o sistema completo nas habitações (BROWN *et al.*, 2005 e Oregon Department of Consumer & Business Services, sem data).

De acordo com o manual texano, adotar o sistema de captação de água das chuvas é extremamente vantajoso, não apenas para o cliente, como para a população como um todo e, conseqüentemente, para os governos. Dentre estas vantagens é possível citar:

- a) A pureza e a suavidade da água das chuvas; bem como a neutralidade de seu pH;
- b) Não possui resíduos de produtos desinfetantes, como sais, minerais, cloro e outros contaminantes;
- c) As plantas ficam mais saudáveis e são menos prejudicadas com este tipo de água de irrigação;
- d) As instalações e os equipamentos hidrossanitários duram mais, pois sofrem menores corrosões devido à maior suavidade da água;
- e) A água possui um sabor melhor e é mais pura, o que agrada os consumidores;
- f) A água é gratuita, tendo apenas que suprir os gastos do sistema (instalação e manutenção);
- g) Reduz/elimina a necessidade de sistemas de distribuição de água complexos e custosos;
- h) Reduz os problemas de enchentes e de sobrecarga das galerias de águas pluviais;
- i) Reduz a poluição dos corpos hídricos por fontes não-pontuais (escoamento da água das chuvas até os corpos hídricos carregando óleo das rodovias, matéria fecal de animais, lixo, pesticidas e outros poluentes);

- j) Descarrega as concessionárias de água tratada durante os picos de demanda do verão;
- k) Reduz a conta de água dos consumidores;
- l) Conserva água, propiciando irrigação e consumo inclusive em períodos mais secos.

O sistema mais básico, que serve apenas para o uso não-potável, inclui apenas três componentes: o tanque, a válvula de descarte do primeiro fluxo e a tubulação de descarga. Este sistema pode ser observado na Figura 5.1.



Figura 5.1: Sistema básico de captação de água da chuva.  
Fonte: KAFIN *et al.* (2008).

Na Figura 5.2, observa-se o esquema detalhado do sistema básico de captação de água da chuva e seus principais componentes.

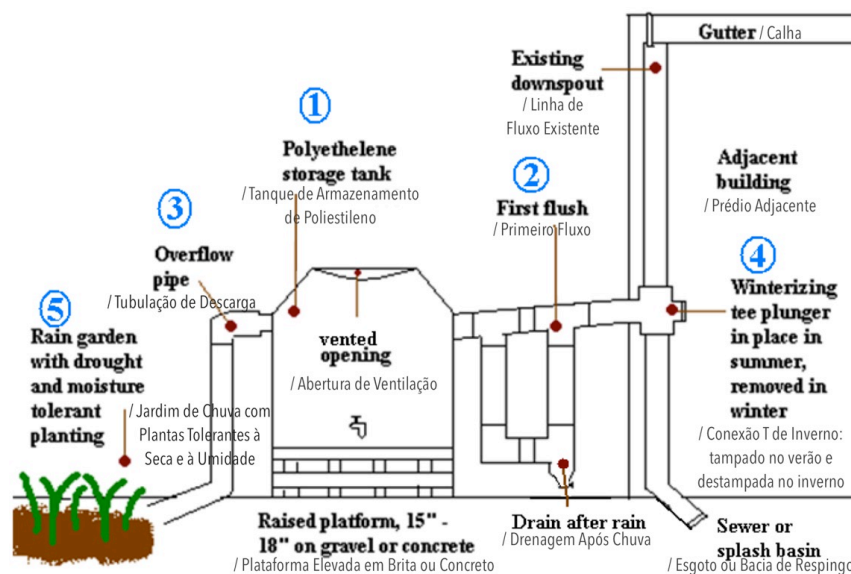


Figura 5.2: Esquema do sistema básico de captação de água da chuva.  
Fonte: KAFIN *et al.* (2008).

Este esquema representa um sistema para locais com clima que possui estações do ano bem definidas, como nos climas temperados, onde, durante o inverno, existe a possibilidade de congelamento da água ou a presença de neve. Para situações deste tipo, posiciona-se, na conexão T (apresentada como item 4 na Figura 5.2) um tampão, que fica posicionado durante o verão, impedindo que a água das chuvas vá para a galeria de águas pluviais. Durante o inverno, este tampão é retirado, pois a água nesta estação não costuma ser armazenada (Figura 5.3).

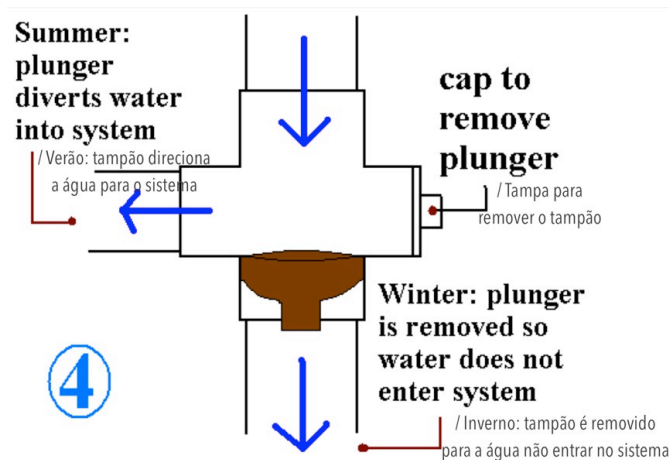


Figura 5.3: Conexão T em detalhes – presença de tampão.  
Fonte: KAFIN *et al.* (2008).

Locais de clima tropical não precisam usar este tampão durante o inverno, pois não apresentam o risco de congelamento, mas é possível manter esta conexão T com tampão para eventuais reparos no telhado ou no próprio sistema.

Para os usos potáveis, além dos componentes do sistema básico, é necessário um sistema de desinfecção da água, com o uso de filtros e agentes esterilizantes, e um sistema mais desenvolvido de distribuição, fazendo uso de bombas hidráulicas.

Cada componente do sistema será explicado e detalhado a seguir.

### 5.1.1 Superfície de Captação

São todas as superfícies que são possíveis fazer a captação das águas das chuvas. Normalmente, estas superfícies são os telhados das edificações, entretanto, é possível

desenvolver algumas superfícies ao longo do terreno para serem outras áreas de captação.

A Figura 5.4 mostra dois exemplos de estruturas criadas para captar água das chuvas diferentes dos telhados. À direita, apresenta um design em formato de folha, que tem grande eficiência, e à esquerda, apresenta uma espécie de galpão, que pode ser usado como garagem, cobertura de churrasqueira ou de bicicletário.



Figura 5.4: Exemplos de estruturas de captação de água da chuva.  
Fonte: KAFIN *et al.* (2008).

Existem diferentes tipos de materiais para telhados e, dependendo do material utilizado, a água pode ter melhor ou pior qualidade e a captação pode ser mais ou menos eficiente.

Os tipos mais comuns de materiais são metal, argila ou concreto e compósito ou asfalto. Quanto menos poroso e rugoso for o material do telhado, maior será a sua eficiência de captação. Porém, deve-se levar em consideração também o clima do local para escolher materiais mais eficientes termicamente, evitando ganhos de calor desnecessários no interior das edificações em locais de clima quente, como o Rio de Janeiro.

a) Metal: material muito liso e pouco poroso, porém devido à sua elevada condutividade térmica esquenta muito com a incidência de radiação solar, o que não é muito interessante para locais quentes. Porém, existe a possibilidade de pintá-los com tinta térmica, que torna qualquer tipo de telhado isolante e que é atóxica (EMC do

Brasil, 2018). Deve-se evitar também metais que possuam cobre em sua composição, pois este metal pode causar descoloração de peças sanitárias de porcelana.

b) Argila ou Concreto: materiais bastante porosos, contribuindo para uma perda de cerca de 10% da captação. Contudo, são facilmente encontrados no mercado e servem tanto para sistemas para uso potáveis ou não-potáveis.

c) Compósitos ou Asfalto: materiais que possuem muitas toxinas, não sendo indicados para usos potáveis e nem para irrigação de colheitas, e que são bastante porosos, contribuindo para uma perda de cerca de 10% da captação.

### **5.1.2 Calhas e Linhas de Fluxo (Condutores)**

Os materiais mais utilizados para calhas e condutores são PVC, vinil, aço galvanizado e alumínio sem costura. Para sistemas de drenagem já existentes, é possível utilizar os materiais que já foram instalados.

### **5.1.3 Telas de Folhas, Válvulas de Desvio do Primeiro Fluxo e Lavadores de Telhado**

O primeiro fluxo de água que entra no sistema é uma água muito contaminada porque os telhados são superfícies que naturalmente coletam poeira, areia, material fecal, insetos mortos, folhas, pesticidas, material particulado e diversas outras sujeiras.

Por isso, é essencial que os sistemas de captação tenham componentes como telas, válvulas de desvio e lavadores de telhados, para que a água armazenada tenha menor quantidade de materiais em suspensão possíveis e tenha melhor qualidade.

A primeira barreira são as telas de folhas, que impedem que materiais grandes entrem no sistema, como folhas, flores, pedras, galhos de árvores e insetos maiores. Essas telas podem ser posicionadas ao longo de todas as calhas ou podem ser instaladas apenas no topo dos condutores.



Figura 5.5: Exemplo de tela de folha.  
Fonte: KAFIN *et al.* (2008).

A segunda barreira é a válvula de desvio do primeiro fluxo, que desvia o primeiro fluxo de água que chega ao sistema, impedindo que ele chegue ao tanque de armazenamento, descartando-o. Este descarte pode ser feito pela galeria de águas pluviais ou por um jardim de chuva.

Existem dois tipos de válvulas de descarte: uma série de tubos que armazenam água dentro deles ou um dispositivo que contém uma bola plástica conectada a uma mola.

O primeiro tipo, que possui um conjunto de tubos, impede que a água chegue até o reservatório à medida que eles vão armazenando água dentro deles. Depois que eles enchem, a água começa a ser carregada até o reservatório sem que ela seja contaminada.

A Figura 5.6 apresenta o esquema de funcionamento desta válvula.

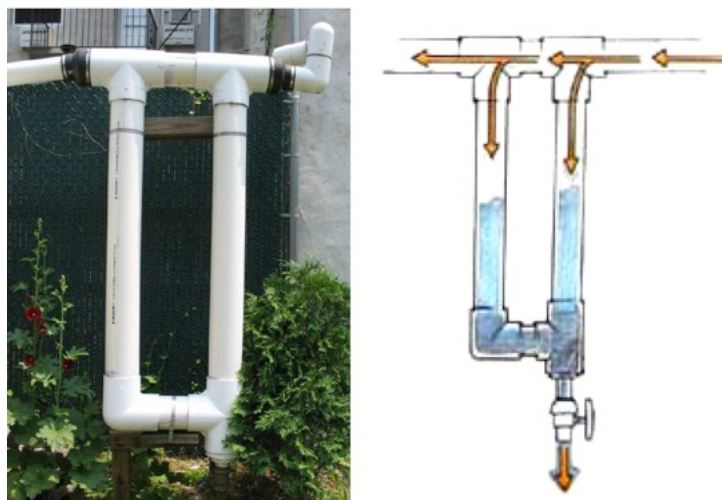


Figura 5.6: Válvula de descarte com conjunto de tubos.  
Fonte: KAFIN *et al.* (2008).

O segundo tipo de válvula de descarte funciona de forma diferenciada: a bola de plástico possui uma tela, que permite que a água entre dentro dela, mas de forma lenta. Como pode ser visto na Figura 5.7, enquanto a bola não está cheia de água, toda água que entra no sistema vai sendo descartada. Depois que a bola fica cheia, ela fecha a abertura que permitia que a água fosse descartada e passa a armazenar água limpa no reservatório.

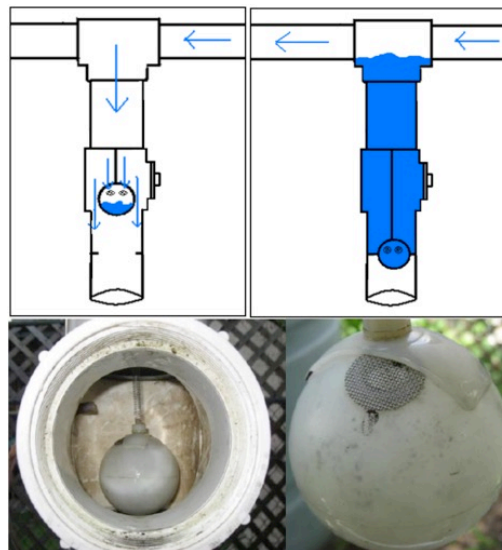


Figura 5.7: Válvula de descarte com bola de plástico.  
Fonte: KAFIN *et al.* (2008).

Em ambos os casos, depois da ocorrência de chuva, os dispositivos devem ser esvaziados para estarem preparados para o próximo evento.

Para o dimensionamento das válvulas de descarga deve-se considerar o tamanho do telhado ( $A_{\text{telhado}}$ ). Normalmente (KAFIN *et al.*, 2008), admite-se que para cada 9,29  $\text{m}^2$  (100 sq ft) de telhado, deve-se ter uma capacidade de descarga de 3,78 L a 7,57 L (1 a 2 gallons). Em termos mais usuais, para cada 10  $\text{m}^2$  de área de captação, deve-se armazenar de 4 L a 8 L de água.

Sabe-se que 1 m de tubo de PVC de 15 cm de diâmetro armazena cerca de 18 L de água, enquanto que 1 m de tubo de PVC de 10 cm de diâmetro armazena cerca de 8 L. A partir destes dados, é possível calcular o comprimento necessário de tubo ( $L^{\text{tubo}}$ ) pela fórmula 5.1 para o diâmetro de 15 cm e pela fórmula 5.2 para o diâmetro de 10 cm.

$$L_{15}^{tubo} = \frac{V_{descarga}}{18 \left[ \frac{L}{m} \right]} [m] \quad (5.1)$$

$$L_{10}^{tubo} = \frac{V_{descarga}}{8 \left[ \frac{L}{m} \right]} [m] \quad (5.2)$$

$$V_{descarga} = \frac{A_{telhado} \times 4}{10} [L] \quad (5.3)$$

A última barreira antes do armazenamento no tanque é o lavador de telhado. Ele fica localizado logo antes do tanque de armazenamento e possui dois filtros: um filtro de folhas e um filtro com permeabilidade bem baixa, cerca de 30 µm. Sua função é filtrar partículas de sedimentos bem pequenas nos sistemas de uso potável. Para sistemas com outros usos, sem necessidade de a água ser potável, não há necessidade deste componente.

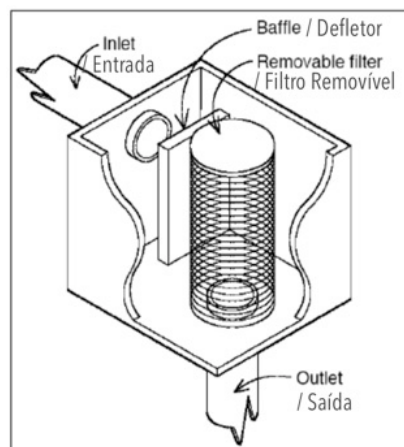


Figura 5.8: Esquema de lavador de telhado.  
Fonte: BROWN *et al.* (2005).

#### 5.1.4 Tanques de Armazenamento

Os tanques de armazenamento podem ser de diversos materiais: concreto, plástico, metal, madeira, cerâmica e pode até mesmo ser de terracota, muito comum em regiões de clima tropical.

O sistema dos tanques inclui a tubulação de entrada de água, a tubulação de descarga, a tampa, a ventilação, e o local por onde a água sairá, que pode ser uma torneira apenas ou uma tubulação conectada a uma bomba que leva a água até as instalações da residência.

Os tanques precisam atender a alguns requisitos:

- a) Ser opaco, para evitar o crescimento de algas;
- b) Ser inerte;
- c) Nunca ter sido usado para armazenar produtos tóxicos;
- d) Ter tampa e possuir ventilação, que deve ter tela mosquiteira;
- e) Ter acesso para limpeza;
- f) Estar protegido dos raios solares diretos;
- g) Ser estanque e impossibilitar entrada de água que não seja do sistema;
- h) Estar posicionado o mais alto possível para facilitar o bombeamento, mas a entrada de água no reservatório deve estar mais baixa do que o condutor mais baixo;
- i) Ter placas informando que não pode consumir a água (Figura 5.9).



Figura 5.9: Placa informativa de não beba.  
Fonte: KAFIN *et al.* (2008).

O dimensionamento dos tanques de armazenamento depende do tamanho do telhado ( $A_{\text{telhado}}$ ) e dos dados pluviométricos da região ( $P$  – precipitação anual).

De acordo com Kafin *et al.* (2008), a eficiência de captação de água pelos telhados é usualmente de 75% e o volume de água captada pode ser calculado pela fórmula 5.4 abaixo:

$$V_{\text{captado}} = 0,6 \left[ \frac{\text{gallons}}{\text{sq ft x in}} \right] x A_{\text{telhado}} [\text{sq ft}] x P [\text{in}] x 0,75 [\text{gallons}] \quad (5.4)$$

Em unidades do sistema internacional (S.I.), utiliza-se a fórmula 5.5:

$$V_{\text{captado}} = 0,9625 \left[ \frac{\text{L}}{\text{m}^2 \text{mm}} \right] x A_{\text{telhado}} [\text{m}^2] x P [\text{mm}] x 0,75 [\text{L}] \quad (5.5)$$

Os dados pluviométricos do Rio de Janeiro, RJ, podem ser coletados no site do Alerta Rio na aba Estatísticas – Acumulados Mensais, conforme observado na Figura 5.10. Para saber a precipitação anual (P), basta somar os valores mensais.

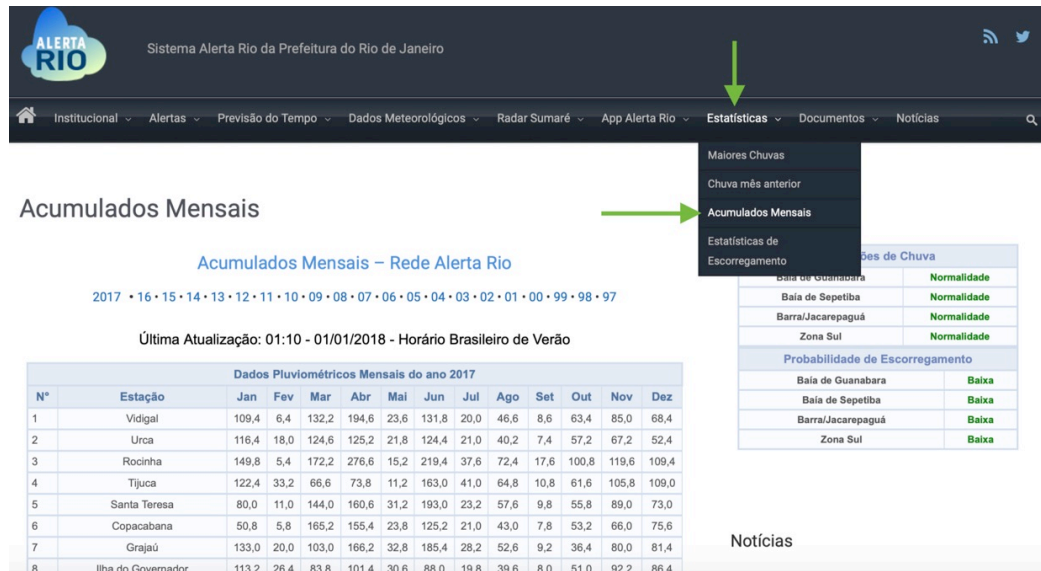


Figura 5.10: Sistema Alerta Rio, aba Estatísticas – Acumulados Mensais.  
Fonte: Site Alerta Rio (2018).

### 5.1.5 Sistema de Distribuição

O sistema de distribuição a ser adotado dependerá do uso que esta água terá. Se for apenas para a irrigação de jardim, basta ter uma torneira ligada a uma mangueira para poder fazer a irrigação. Contudo, para poder fazer qualquer outro tipo de uso, ainda que não-potável, deve-se criar uma instalação hidráulica específica, que utilizará uma bomba hidráulica.

A tubulação que sai do tanque e que vai até o sistema de tratamento de água ou para as instalações hidrossanitárias de uso não-potável deve ser identificada e deve, preferencialmente, ser de cor roxa, que indica que a água não é potável. Além disso, deve possuir placas informativas.

A captação de água deve ser feita pelo fundo do reservatório, mas a abertura do tubo deve estar posicionada para cima, conforme apresentado na Figura 5.11, para evitar que sedimentos depositados no fundo do reservatório sejam coletados junto com a água.

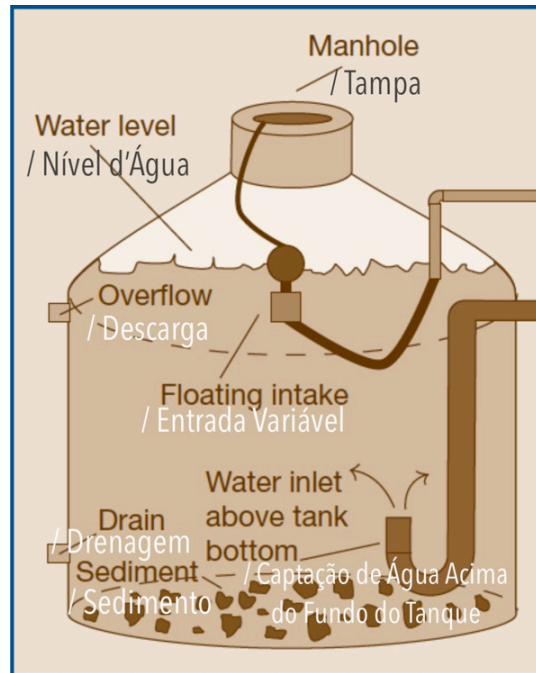


Figura 5.11: Esquema de tanque de armazenamento de água com captação de água acima do fundo do tanque.

Fonte: Oregon Department of Consumer & Business Services (sem data).

### 5.1.6 Tratamento de Água

Para o uso potável da água da chuva captada, deve-se realizar alguns tratamentos para garantir a sua potabilidade. Estes tratamentos consistem em mecanismos de filtração e de desinfecção da água.

Para isto, existem quatro tipos de tratamentos (BROWN *et al.*, 2005):

a) Cartucho de Filtros e Luz Ultravioleta (UV): este método utiliza um conjunto de filtros para retirar sedimentos microscópicos. Primeiro utiliza-se uma sequência de filtros de 5  $\mu\text{m}$  (2 filtros), que remove mecanicamente partículas suspensas e poeira, depois, faz-se uso de outra sequência de filtros, mas agora de filtros de carvão ativado de 3  $\mu\text{m}$  (2 filtros), que removem mecanicamente partículas microscópicas e absorvem, pelas superfícies ativas, moléculas orgânicas. Estes filtros devem ser trocados regularmente. Depois da filtração, a água passa pela luz ultravioleta, que deve ter intensidade compatível com o fluxo de água, devendo ter classificação alta. A luz UV é bastante eficaz na eliminação de patógenos, é largamente utilizada na Europa e nos

Estados Unidos, e não deixa resíduos na água após o tratamento e também é considerada uma alternativa sustentável, porque consomem pouca luz e tem boa durabilidade 10.000 horas, mas devem ser descartadas adequadamente, conforme orientação do fornecedor. Elas devem, também, ser limpas regularmente.

b) Ozônio: este método utiliza gás ozônio, que na troposfera não é estável como o gás oxigênio. Ele possui alto poder oxidante, capaz de reduzir cor e eliminar odores, além disso, reduz a quantidade de carbono orgânico total, matando patógenos. Para a desinfecção, o ozônio é injetado através de difusores dentro da água, reagindo rapidamente.

c) Filtração por Membrana (Osmose Reversa e Nanofiltração): neste método, a água é forçada a passar por membranas semipermeáveis, filtrando sólidos dissolvidos e sais. As membranas de osmose reversa devem ser trocadas antes de atingirem sua saturação.

d) Cloração: para usar este método, existem sistemas que liberam automaticamente a concentração necessária de cloro na água do reservatório.

Para qualquer um dos métodos de tratamento adotado, deve-se realizar análises regulares da qualidade da água, principalmente análises sobre presença de patógenos, pH, oxigênio dissolvido, material particulado, cor, turbidez, nitrogênio, fósforo e, também seria interessante, analisar as concentrações de metais pesados, como mercúrio e chumbo. Estas análises devem ser feitas antes e após o tratamento, para garantir que ele esteja sendo útil e eficiente.

O Quadro 5.1 abaixo fornece um resumo dos tratamentos que podem ser usados no sistema de captação de água das chuvas, tanto para usos não-potáveis quanto para usos potáveis. Este quadro fornece ainda a localização na qual o método deve ser posicionado e quais são os resultados esperados.



Quadro 5.1: Resumo de tratamentos do sistema de captação de água da chuva.

Fonte: BROWN *et al.* – traduzido (2005).

Método	Localização	Resultado
<b>Tratamento</b>		
<b>Telas</b>		
Tela de Folhas e Peneira	Calhas e Condutores	Previne que folhas e outros fragmentos entrem no tanque.
<b>Decantação</b>		
Sedimentação	Dentro do Tanque	Deposita material particulado.
Carvão Ativado	Antes da Torneira	Remove cloro.
<b>Filtração</b>		
Lavadores de Telhado	Antes do Tanque	Elimina material em suspensão.
Em linha/Múltiplos Cartuchos	Depois do Bombeamento	Filtra sedimentos.
Carvão Ativado	Depois do Filtro de Sedimentos	Remove cloro, melhora sabor.
Filtro de Areia Lento	Tanque separado	Captura material particulado.
<b>Tratamento Microbiológico/ Desinfecção</b>		
Fervura/Destilação	Antes do Uso	Mata patógenos.
Tratamento Químico (Cloro ou Iodo)	Dentro do Tanque ou na Tubulação	Mata patógenos.
	(líquido, granular ou tablete)	
	Antes do Carvão Ativado	
Luz Ultravioleta	Depois do Carvão Ativado, Antes da Torneira	Mata patógenos.
Ozonização	Depois do Carvão Ativado, Antes da Torneira	Mata patógenos.
Nanofiltração	Antes do Uso, Membrana Polimérica $10^{-3}$ (poros: $10^{-3}$ a $10^{-6}$ in)	Remove moléculas.
Osmose Reversa	Antes do Uso, Membrana Polimérica (poros: $10^{-9}$ in)	Remove íons (contaminantes e patógenos).

### 5.1.7 Manutenção e Cuidados

Os proprietários devem tomar medidas regulares de manutenção e precaução do sistema:

- a) Esvaziar, ao final de cada ocorrência de chuva, as válvulas de descarte do primeiro fluxo;
- b) Observar presença de possíveis vazamentos e furos;
- c) Garantir que o tanque esteja identificado com placas de “Não Beba”;
- d) Limpar as calhas, condutores e filtros;
- e) Fazer as substituições necessárias dos equipamentos de tratamento, como filtros e lâmpadas;
- f) Verificar a ventilação do reservatório e as telas mosquiteiras;
- g) Fazer limpeza regular do reservatório;
- h) Fazer as análises de potabilidade;

## 6 ENERGIA

Toda e qualquer atividade humana gasta energia. No mundo contemporâneo, é impossível viver sem energia elétrica, sem o conforto e a praticidade que ela nos fornece todos os dias, seja para iluminar os cômodos da casa para conseguir ler, estudar, trabalhar, limpar, cozinhar, dentre outras funções; quanto para promover o conforto térmico nos dias de calor com o uso de ar condicionado ou ventiladores, como é comum na cidade do Rio de Janeiro, ou nos dias de frio com o uso de aquecedores, comum na cidade de Porto Alegre, por exemplo.

Entretanto, sabe-se que a geração e a distribuição de energia elétrica causam inúmeros impactos ao meio ambiente. Apesar da principal fonte de energia no Brasil ser a hidráulica (68,1%), e apesar de ela ser considerada uma fonte de energia limpa justamente porque “não” emite gases de efeito estufa (GEE), conforme exposto no Capítulo 2 (Sustentabilidade e Construção Civil), ela ainda é responsável por inúmeros impactos negativos ao meio ambiente.

Dentre estes impactos negativos, pode-se citar: supressão da flora local, acarretando na perda de biodiversidade, tanto de flora, quanto de fauna; mudança das características climáticas da região, modificando regime e intensidade de chuvas; possíveis emissões de GEE caso a supressão da flora não seja realizada de forma adequada, o que costuma ocorrer no Brasil; impedimento de migrações de algumas espécies de peixes que precisam “subir” o rio para se reproduzirem; comprometimento da qualidade do rio em sua foz (estuário), pois ele pode perder vazão, fazendo-o perder competitividade contra a força de intrusão do mar (cunha salina), salinizando muitas extensões do rio, que podem chegar a quilômetros.

De acordo com o Relatório *Energy Efficiency 2018* da *International Energy Agency* (IEA, 2018), em 2017, “as edificações e os eletrodomésticos foram responsáveis por cerca de 30% do uso global de energia final”.

Por isso, é essencial evitar ao máximo desperdícios de energia, desenvolvendo projetos mais eficientes e que, inclusive, promovam a produção de energia no próprio empreendimento. Mais ainda, é essencial desenvolver projetos que proponham novas tecnologias e mudanças no sistema energético.

## 6.1 Eficiência Energética

Eficiência energética é a principal e a primeira medida a ser adotada para diminuir o consumo de energia (Figura 6.1). Ela pode ser empregada tanto em edificações novas, quanto em edificações antigas.

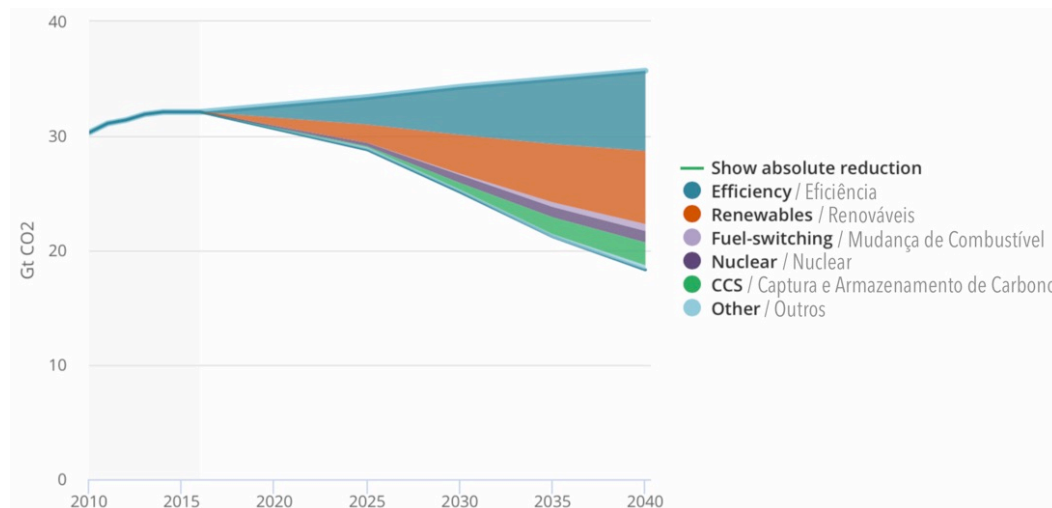


Figura 6.1: Reduções adicionais nas emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário de Desenvolvimento Sustentável (SDS) versus Cenário de Novas Políticas (NPS).  
Fonte: *Sustainable Development Scenario* – IEA (2018).

Para o contexto da construção civil, a eficiência energética nada mais é do que os esforços para reduzir a quantidade de energia empregada para promover o conforto das pessoas ao longo do uso das edificações. E, justamente por isso, é possível empreendê-la em edificações já existentes, inclusive naquelas mais antigas e seculares. Normalmente, processos tecnológicos e produtos/equipamentos mais modernos são mais eficientes do que aqueles antigos.

De acordo com o diretor executivo da IEA, chamado Fatih Birol, (site *Energy Efficiency 2018* – IEA, 2018)

a eficiência pode possibilitar o crescimento econômico, reduzir emissões e aumentar a segurança energética. Medidas certas de eficiência poderiam permitir que o mundo alcançasse mais de 40% das reduções de emissões necessárias para atingir os objetivos climáticos sem nenhuma tecnologia nova.

Para investir em eficiência energética, deve-se pensar em seis atividades comuns que dispendem energia em uma edificação: eletrodomésticos, preparo de alimentos (cozinhar), iluminação, aquecimento de água, calefação e refrigeração de ambientes.

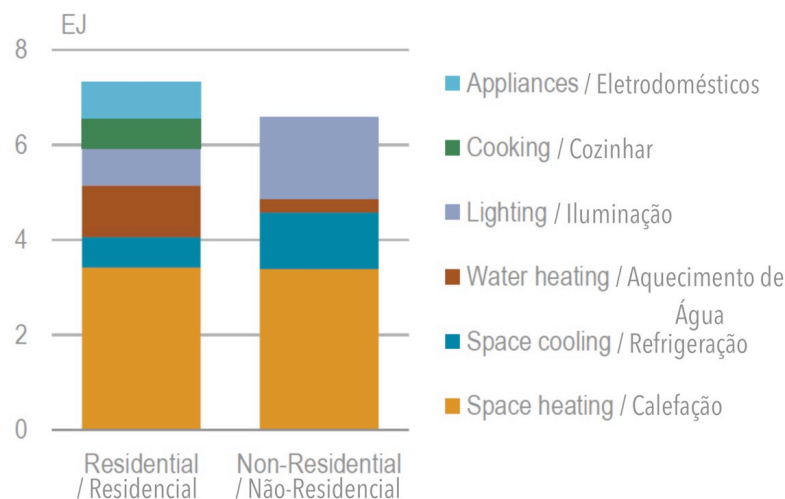


Figura 6.2: Contribuição por atividade para economia eficiente de energia em edifícios residenciais e não-residenciais (1 EJ =  $10^{18}$  J).  
 Fonte: *Energy Efficiency 2018* – IEA (2018).

Este gráfico (Figura 6.2) é interessante porque indica que, dentre as atividades citadas, a que mais consome energia é a calefação ambiente. É interessante também porque ilustra as diferenças entre edifícios residenciais e não-residenciais, mostrando que, no primeiro caso, o aquecimento de água é outra atividade de grande destaque, enquanto que, no segundo, a iluminação apresenta maior importância.

Segundo este mesmo relatório,

Melhorias de eficiência energética economizaram quase 14 EJ no uso adicional de energia em edifícios e eletrodomésticos desde 2000, o equivalente ao consumo de energia no Brasil. Sem estas melhorias, o uso residencial global de energia teria aumentado em mais 12%.

Estudos, como o *Energy Efficiency 2018*, mostram que, em um Cenário de Mundo Eficiente (EWS), os edifícios em 2040 poderão ser 39% mais eficientes do que os

edifícios atuais, ou seja, a demanda de energia poderá continuar a mesma, mas a área das edificações será muito maior (Figura 6.3). Entretanto, para que este cenário possa ocorrer, é necessário que a intensidade energética (energia/área de piso) cresça cerca de 2,2% ao ano, começando desde já e, para isto, é de fundamental importância que medidas de eficiência energética sejam implementadas e que esta implementação ocorra de forma muito mais rápida do que está sendo feito hoje em dia.

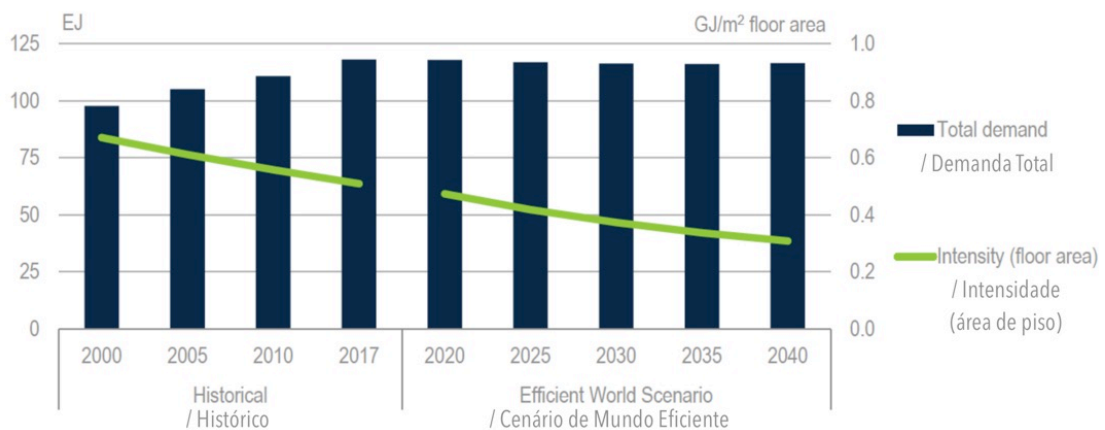


Figura 6.3: Uso residencial de energia e intensidade energética, 2000-40.  
Fonte: *Energy Efficiency 2018* – IEA (2018).

Como ilustra a Figura 6.4, 24 EJ poderão ser economizados apenas com investimentos em eficiência energética, dentre os quais, 26% a partir de melhorias em calefação, outros 26% através de mudanças nos métodos de cozinhar e 22% com melhoramentos em aquecimento de água.

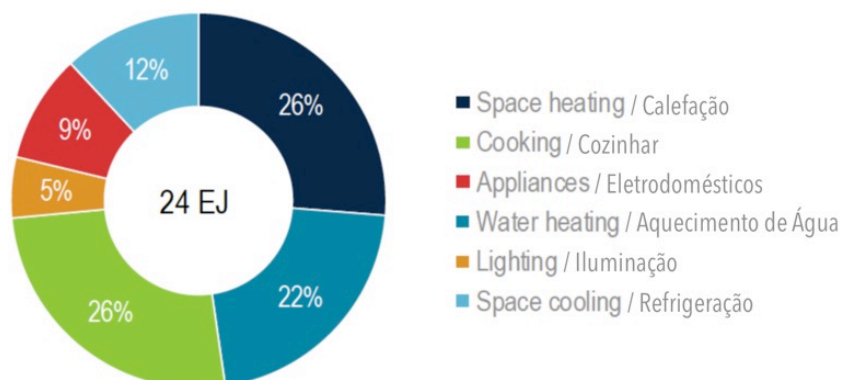


Figura 6.4: Contribuição no uso final na economia de energia total no EWS em 2040.  
Fonte: *Energy Efficiency 2018* – IEA (2018).

Além de economizar energia, investimentos em eficiência energética promovem o desenvolvimento/crescimento da economia do país, o que gera recursos para o governo,

através de impostos, e gera empregos para a população, o que acaba estimulando novamente a economia e fazendo o ciclo girar.

Tendo isto em vista, é importante que os governos criem medidas políticas que estimulem estas melhorias por parte dos consumidores, o que já é feito em diversos países. Estas medidas estão divididas em três linhas: regulamentação; financiamento e incentivos; e informação e capacitação.

A regulamentação consiste em aprimorar códigos e padrões, tornando-os mais rígidos e ampliando seus campos de aplicação, abrangendo tanto edificações novas, quanto antigas. Nesta linha, deve-se, ainda, tornar os padrões de eficiência energética mais rigorosos para os equipamentos utilizados em edificações (elevadores, bombas hidráulicas, portões eletrônicos) e para os eletrodomésticos, vedando a comercialização daqueles pouco eficientes.

O financiamento e os incentivos funcionam através de medidas de incentivos fiscais (facilidade de financiamento, redução/isenção de impostos) promovidas pelos governos com o intuito de estimular os consumidores a trocarem seus eletrodomésticos ou a realizarem reformas em suas casas para torná-las mais eficientes.

Já a informação e capacitação são medidas de melhorias na qualidade e disponibilidade de informações quanto à performance energética dos equipamentos e dos edifícios, promovendo programas de etiquetagem, além de estimular programas de certificação de designers e fornecedores.

Dentre algumas medidas adotadas, é possível citar o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), realizado pelo INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, responsável, além de outras funções, pela etiquetagem (selos PROCEL e CONPET – Figura 6.5) dos produtos conforme sua eficiência energética.



Selo CONPET

Selo PROCEL

Figura 6.5: Selos CONPET e PROCEL do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) realizado pelo INMETRO.

Fonte: Selos de Eficiência Energética – INMETRO (2018).

Outras medidas políticas que podem ser adotadas são:

a) “Passaportes de Construção” (informação e capacitação): registro de informações sobre os componentes de construção, seus materiais e métodos construtivos, e sobre sua operação ao longo de toda a vida útil da edificação, hoje utilizados na Europa. A *Global Alliance for Buildings and Construction* (GABC – Aliança Global para Edificações e Construção) considera estes passaportes como a ferramenta mais importante e de prioridade máxima para aprimorar os projetos de construção e operação das edificações, a escolha de materiais e auxiliar a tomada de decisões dos consumidores em reformas futuras.

b) Programas de Troca de Equipamentos (financiamento e incentivos): o governo estimula a troca de equipamentos por parte dos consumidores. Este estímulo é feito com a diminuição de impostos sobre equipamentos com alta eficiência; com selo A do INMETRO, por exemplo. Para isto, o consumidor devolve o equipamento antigo e menos eficiente à loja, ao fabricante ou às empresas de reciclagem e ele é retribuído com a redução do imposto. Nessa medida, o equipamento antigo é garantidamente reciclado (fechando o ciclo de metais, gases e outras partes, e certificando que o equipamento não será mais utilizado), o consumo de energia é reduzido, o governo aumenta a arrecadação de impostos e evita problemas futuros com abastecimento de

energia (futuras implementações de bandeira tarifária vermelha) e a economia cresce. Esta medida é hoje em dia adotada na Colômbia, tendo conseguido substituir 1 milhão de geladeiras em apenas 5 anos com a redução dos impostos sobre estes produtos de 19% para 5%.

c) Programas de Créditos de Impostos e Financiamentos (financiamento e incentivos): o governo oferece redução de impostos, abatimentos, e crédito para financiamento para reformas que promovam a eficiência energética de residências, ou seja, o consumidor consegue benefícios junto ao governo (isenção de IPTU por alguns anos, por exemplo) para renovar sua casa com o objetivo que ela seja mais eficiente energeticamente. Esta medida é adotada há muitos anos na França e na Itália. Na Itália, o consumidor pode ter o valor do imposto reduzido em até 85%.

Isto posto, cabe agora ilustrar quais medidas podem ser adotadas para aumentar a eficiência energética das edificações. Para tal, elas serão expostas de acordo com as seis atividades apresentadas anteriormente (eletrodomésticos, aquecimento de água, preparo de alimentos, iluminação, calefação e refrigeração de ambientes), mas agora expostas em quatro grupos: eletrodomésticos, iluminação, conforto térmico e aquecimento de água.

### **6.1.1 Eletrodomésticos**

Para esta categoria, a principal medida é a troca de equipamentos antigos, menos eficientes, por equipamentos novos, que consomem menos energia e que desempenham melhor suas funções.

### **6.1.2 Iluminação**

A medida inicial é a substituição das lâmpadas convencionais incandescentes por lâmpadas mais eficientes, como as fluorescentes, mas preferencialmente por lâmpadas de LED, que são aquelas que consomem menos energia, que têm maior durabilidade e que não perdem energia em forma de calor.

Para edificações novas, deve-se buscar em projeto a melhor iluminação natural, observando o posicionamento do sol ao longo do dia e fazendo, se possível, o uso de claraboias.

Pode-se, inclusive, desenvolver aparatos para que iluminação natural chegue a locais isolados das residências, por exemplo o produto *Solatube* (Figura 6.6), que é um redirecionador de raios solares. Seu mecanismo consiste na instalação de uma espécie de claraboia curva (dome) no telhado, ou parede, que permite que os raios solares entrem em uma tubulação, feita com um material altamente reflexivo, que guia os raios solares até uma “luminária”, capaz de iluminar qualquer ambiente, inclusive aqueles que não possuem janelas. Para que possa funcionar também durante a noite, ele vem com um painel solar integrado, que armazena energia para fazer uma luz noturna bem suave funcionar a noite toda.



Figura 6.6: Produto *Solatube* instalado na residência, iluminando o ambiente (esquerda) e ilustração mostrando o mecanismo interno com painel solar (direita).  
Fonte: *Solatube* (2018).



Figura 6.7: Luminária do produto *Solatube* instalada no campus da PUC-Rio.  
Fonte: Acervo Pessoal (2018).

### 6.1.3 Conforto Térmico

Quanto a esta categoria, a principal medida é a elaboração de projetos que contemplem de forma bastante ampla o isolamento térmico. Para tal, a norma ABNT NBR 15220:2003, sobre desempenho térmico de edificações, auxilia na escolha das melhores estratégias tendo em vista a zona bioclimática na qual o projeto está inserido.

O Zoneamento Bioclimático Brasileiro tem como base a Carta Bioclimática de Givoni (Figura 6.8), a qual relaciona a temperatura do ar com a umidade relativa ambientes e suas estratégias para melhorar o conforto humano.



Figura 6.8: Carta bioclimática de Givoni adotada para o Brasil.  
Fonte: LAMBERTS *et al.* (2014).

A norma ABNT NBR 15220:2003 aprimorou esta carta bioclimática, subdividindo-a em onze estratégias ao invés de nove, variando da classificação A até L (Figura 6.9). Tendo como base esta nova carta bioclimática, a norma dividiu o bioclima brasileiro em oito zonas (Figura 6.10).

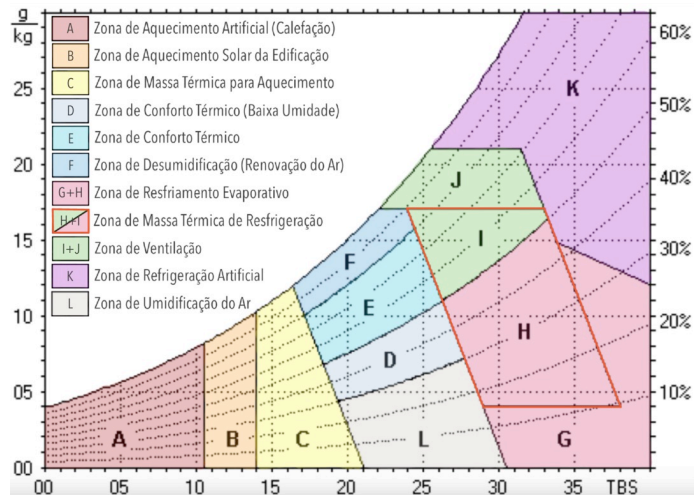


Figura 6.9: Carta bioclimática adaptada.  
 Fonte: NBR 15220 – modificado (2003).

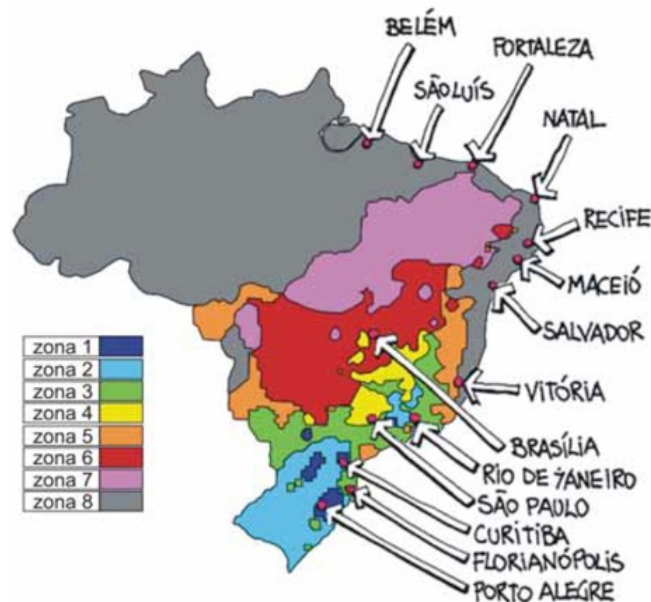


Figura 6.10: Zoneamento bioclimático brasileiro.  
 Fonte: LAMBERTS *et al.* (2014).

Na apostila Eficiência Energética na Arquitetura, LAMBERTS *et al.* (2014) resumiram as diretrizes construtivas definidas pela NBR 15220:2003 em uma tabela (Quadro 6.1), na qual, para uma dada zona bioclimática, tem-se as estratégias a serem adotadas, tanto para o verão, quanto para o inverno, e mais, tem-se as estratégias construtivas, como aberturas para ventilação, sombreamento das aberturas, espessura e características térmicas das paredes e das coberturas. Nesta tabela,  $U$  é a transmitância térmica [ $W/m^2K$ ],  $\phi$  é o atraso térmico [h] e  $FS_o$  é o fator solar para superfícies opacas [%].

Quadro 6.1: Resumo das diretrizes construtivas definidas pela NBR 15220-3:2003.  
Fonte: LAMBERTS *et al.* (2014).

zona	estratégias		aberturas para ventilação A (em % da área de piso)	sombreamento das aberturas	parede			cobertura		
	verão	inverno			U	$\phi$	FS <sub>0</sub>	U	$\phi$	FS <sub>0</sub>
1		aquecimento solar da edificação / vedações internas pesadas (inércia térmica)	médias 15% < A < 25%	permitir sol apenas durante o inverno	≤ 3,0 (parede leve)	≤ 4,3	≤ 5,0	≤ 2,0 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5
2	ventilação cruzada	aquecimento solar da edificação / vedações internas pesadas (inércia térmica)	médias 15% < A < 25%	permitir sol apenas durante o inverno	≤ 3,0 (parede leve)	≤ 4,3	≤ 5,0	≤ 2,0 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5
3	ventilação cruzada	aquecimento solar da edificação / vedações internas pesadas (inércia térmica)	médias 15% < A < 25%	permitir sol apenas durante o inverno	≤ 3,6 (parede leve refletor a)	≤ 4,3	≤ 4,0	≤ 2,0 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5
4	Resfriamento evaporativo e inércia térmica para resfriamento / ventilação seletiva nos períodos quentes, em que a temperatura interna seja superior à externa	aquecimento solar da edificação / vedações internas pesadas (inércia térmica)	médias 15% < A < 25%	sombrear aberturas	≤ 2,2 (parede pesada)	≥ 6,5	≤ 3,5	≤ 2,0 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5
5	ventilação cruzada	vedações internas pesadas (inércia térmica)	médias 15% < A < 25%	sombrear aberturas	≤ 3,6 (parede leve refletor a)	≤ 4,3	≤ 4,0	≤ 2,0 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5
6	Resfriamento evaporativo e inércia térmica para resfriamento / ventilação seletiva nos períodos quentes, em que a temperatura interna seja superior à externa	vedações internas pesadas (inércia térmica)	médias 15% < A < 25%	sombrear aberturas	≤ 2,2 (parede pesada)	≥ 6,5	≤ 3,5	≤ 2,0 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5
7	Resfriamento evaporativo e inércia térmica para resfriamento / ventilação seletiva nos períodos quentes, em que a temperatura interna seja superior à externa		pequenas 10% < A < 15%	sombrear aberturas	≤ 2,2 (parede pesada)	≥ 6,5	≤ 3,5	≤ 2,0 (pesada)	≤ 6,5	≤ 6,5
8	ventilação cruzada permanente OBS: o condicionamento passivo será insuficiente durante as horas mais quentes		grandes A > 40%	sombrear aberturas	≤ 3,6 (parede leve refletor a)	≤ 4,3	≤ 4,0	≤ 2,3,FT (leve refletor a)	≤ 3,3	≤ 6,5

Além do Quadro 6.1, outra fonte bastante interessante para auxiliar na escolha das estratégias de desempenho térmico é o site do Projeteee (Projetando Edificações Energeticamente Eficientes) do Ministério do Meio Ambiente. Neste portal, é possível encontrar dados sobre as condições climáticas (como gráficos de temperatura, chuva, umidade relativa, radiação, rosa dos ventos e carta solar), estratégias bioclimáticas, componentes construtivos (paredes, pisos e coberturas e vidros) e equipamentos para mais de 400 cidades brasileiras.

Tendo como objetivo a cidade do Rio de Janeiro, segundo a norma ABNT NBR 15220:2003, esta cidade está inserida na zona bioclimática 8 e as estratégias a serem adotadas são F e I+J, ou seja, renovação do ar para desumidificá-lo e ventilação.

De acordo com o Quadro 6.1, deve-se adotar a ventilação cruzada permanente. Já segundo a plataforma Projeteee (Figura 6.11), deve-se adotar, além da ventilação natural, o sombreamento e a inércia térmica para o aquecimento.

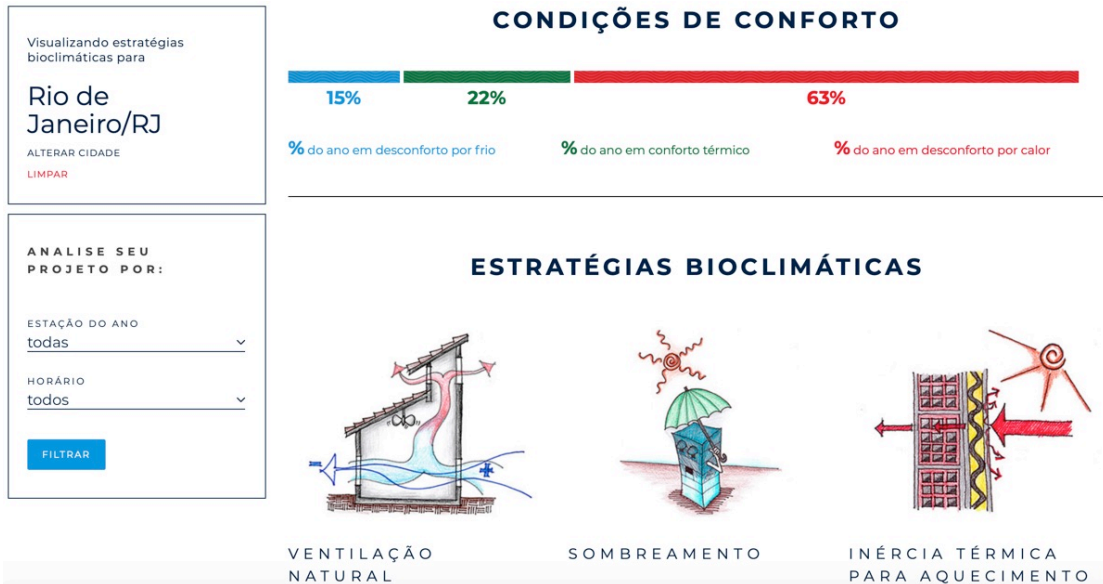


Figura 6.11: Condições de conforto e estratégias bioclimáticas do Rio de Janeiro, RJ. Fonte: Projeteee (2018).

Segundo informações do site Projeteee (2018) sobre ventilação natural, existem dois tipos de ventilação natural: a ventilação cruzada e a ventilação por efeito de chaminé. Sabe-se que a diferença de pressão, que move o ar fresco através dos cômodos, constitui o princípio básico dos sistemas passivos de ventilação.

A ventilação cruzada ocorre pela passagem de vento pelas edificações. Segundo a plataforma,

Na ventilação cruzada exploram-se os efeitos de pressão negativa e positiva que o vento exerce sobre a edificação ou qualquer outro anteparo. Para proporcionar uma boa ventilação natural é preciso posicionar as aberturas em zonas de pressão oposta. Ela promove a remoção do calor por aceleração das trocas por convecção e também contribui para melhoria da sensação térmica dos ocupantes por elevar os níveis de evaporação.

Na Figura 6.12, observa-se a diferença na passagem do vento em função do posicionamento das janelas. A partir da análise destes resultados, nota-se que os melhores posicionamentos das janelas são os apresentados nas situações 4 e 5, nas quais a distribuição do ar ocorre de forma mais ampla.

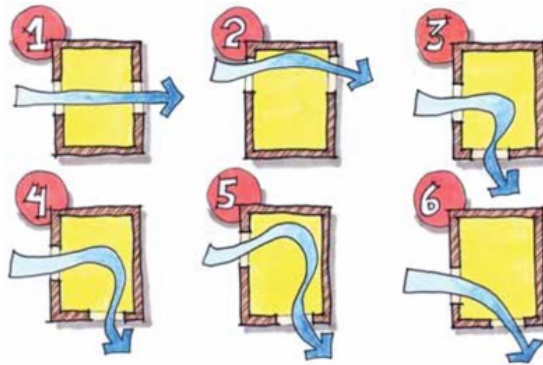


Figura 6.12: Esquema demonstrando como o posicionamento das janelas influencia na ventilação cruzada.

Fonte: LAMBERTS *et al.* (2014).

Neste esquema, sempre existe uma janela que recebe o vento perpendicularmente. Entretanto, não é necessário que isto ocorra sempre. Em casos onde o vento passa paralelamente à janela, é possível fazer uso de janelas pivotantes, que redirecionam a direção do vento, basta posicioná-las conforme a Figura 6.13.

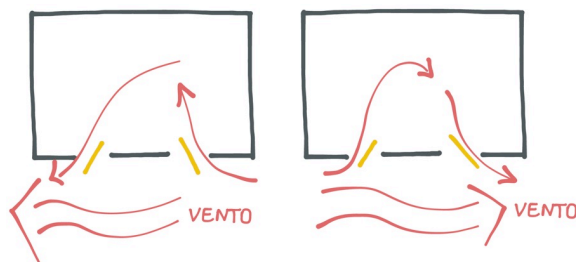


Figura 6.13: Esquema demonstrando a ventilação cruzada por meio de janelas pivotantes quando o vento é paralelo à janela.

Fonte: Acervo Pessoal (2018).

Já a ventilação por efeito chaminé ocorre por diferença de temperatura. O ar frio, mais denso, entra pela “chaminé” e desce, enquanto que o ar quente, menos denso, sobe e sai pela “chaminé” (Figura 6.14).

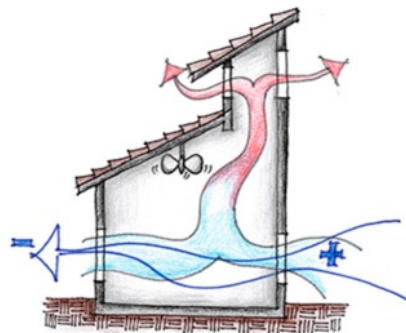


Figura 6.14: Esquema demonstrando a ventilação por efeito chaminé.

Fonte: Projeteec (2018).

Para que se possa aplicar de forma correta a estratégia de ventilação é preciso saber a direção predominante dos ventos ao longo do ano. Para tal, faz-se uso da Rosa dos Ventos, também disponível no site do Projeteer. Conforme a rosa dos ventos do Rio de Janeiro (Figura 6.15), os ventos predominantes têm direção norte e sudeste, e costumam ter velocidade de 2 m/s (72 km/h).

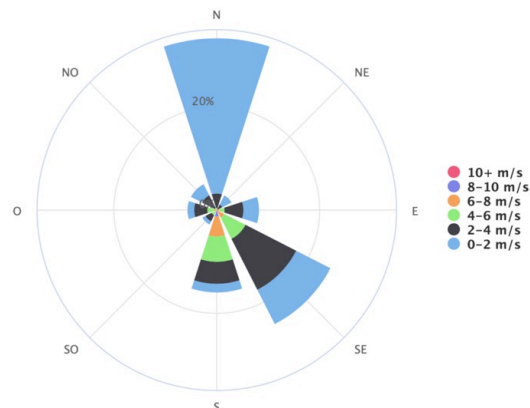


Figura 6.15: Rosa dos ventos do Rio de Janeiro, RJ.  
Fonte: Projeteer (2018).

As estratégias de sombreamento são aquelas que evitam que os raios solares muito intensos aqueçam excessivamente o envelope das edificações, que são os materiais de fachada (telhado, paredes e pisos), aquecendo posteriormente os cômodos internos pela inércia térmica, o que não é interessante para cidades como o Rio de Janeiro.

Para aplicar de forma correta e eficaz o sombreamento, é preciso conhecer a carta solar da cidade. Isto porque, conforme exposto no site da Projeteer (2018), deve-se “evitar os ganhos solares nos períodos mais quentes, do dia e do ano, sem obstruí-los no inverno e sem prejudicar a iluminação natural através das aberturas”.

A Figura 6.16 apresenta a carta solar do Rio de Janeiro, mostrando que esta cidade possui insolação similar ao longo do ano, mas os períodos com insolação mais intensa ocorrem entre janeiro e março, principalmente entre o horário de 10 às 13 horas.

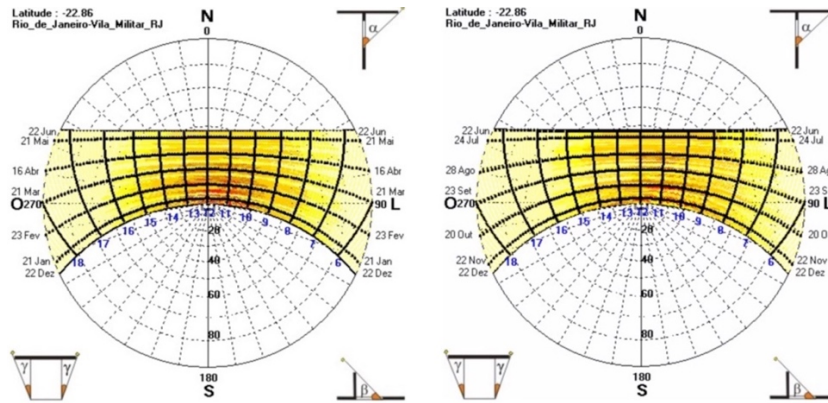


Figura 6.16: Carta solar do Rio de Janeiro, RJ, período de dezembro a junho (esquerda) e período de junho a dezembro (direita).  
Fonte: Projeteer (2018).

Os elementos que possibilitam o uso dessa estratégia variam bastante, podendo ser tanto horizontais quanto verticais, e, ainda, fixos ou móveis.

A melhor estratégia possível é o uso de vegetação (árvores e plantas trepadeiras), porque, além de proporcionar o sombreamento necessário, ajuda a minimizar ilhas de calor, ajuda a capturar CO<sub>2</sub>, proporciona a evapotranspiração, melhorando o regime de chuvas e a umidade do ar, ajuda na biodiversidade local e pode, inclusive, proporcionar alimentos, além de auxiliar na melhoria do aspecto arquitetônico.

A Figura 6.17 apresenta exemplos do uso de vegetação como estratégia para melhoria do conforto térmico.

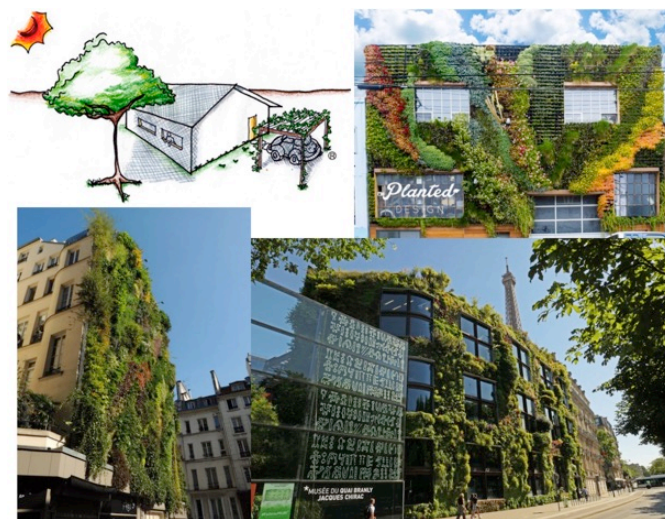


Figura 6.17: Esquema de sombreamento vegetal (esquerda topo), Be Safehouse, São Francisco (direita topo), L'Oasis d'Aboukir (esquerda base) e Musée du Quai Branly, Paris (direita base).

Fonte: Projeteer, Planted Design, Mur Végétal Patrick Blanc (2018).

Outros elementos que podem ser usados são as pérgulas, os beirais, as prateleiras de luz, os brises e o cobogó (Figura 6.18). As prateleiras de luz são interessantes porque impedem que os materiais da fachada sejam aquecidos pelos raios solares e, por entrarem na edificação e conterem um material reflexivo, permitem que o cômodo seja iluminado naturalmente. Já o cobogó, ele é interessante porque, além de proporcionar o sombreamento, ele permite tanto a passagem de luz, quanto de ventilação, e ainda promove a privacidade do cômodo.

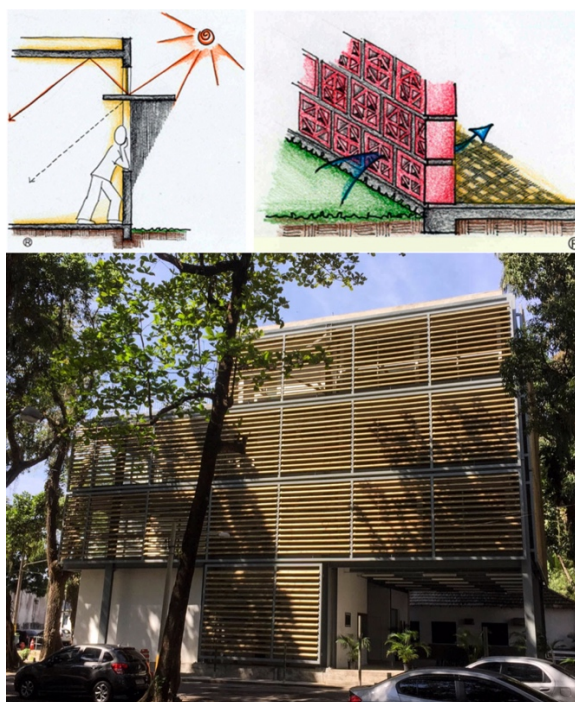


Figura 6.18: Esquema de prateleira de luz (esquerda topo), esquema de cobogó (direita topo) e aplicação de brises na fachada do prédio de Artes e Design, PUC-Rio. Fonte: Projeteee, Artes & Design PUC-Rio (2018).

#### 6.1.4 Aquecimento de Água

Existem diversas formas de esquentar água, seja através de boilers, que podem ser a gás, elétrico ou solar, ou de aquecedores a gás, de chuveiros elétricos ou de bombas de calor (*heat pump water heaters*).

Atualmente, as formas mais indicadas e mais eficientes para realizar o aquecimento de água são através de boilers solares, mais especificamente aqueles que usam coletores solares a vácuo, e as bombas de calor.

Os boilers solares que fazem uso de coletores solares a vácuo (Figura 6.19) são considerados os mais eficientes dentre os boilers. Este boiler faz uso de tubos de vidro a vácuo, que absorvem energia do sol e aquecem a água. Segundo o site da Komeco (sem data),

Os tubos de vidro absorvem os raios ultravioletas e os transferem para a água, que já está nos tubos, coberta por uma camada escura que a esquenta ainda mais. O vácuo presente no vidro do tubo funciona como isolante térmico e impede que essa água perca calor.



Figura 6.19: Coletor solar a vácuo.  
Fonte: Esfera Energia Solar (2018).

As bombas de calor (ou *heat pump water heaters*) (Figura 6.20), de acordo com o site do Departamento de Energia dos Estados Unidos (site *USA Department of Energy*, sem data), usam energia elétrica para retirar calor do ambiente e redirecioná-lo para o aquecimento de água, não usando a energia elétrica para aquecer a água diretamente. Por isso, elas podem ser de duas a três vezes mais eficientes do que os aquecedores elétricos convencionais.

Seu sistema funciona como uma geladeira, mas de forma contrária. Estes aquecedores retiram calor do ambiente e o direcionam, a uma temperatura mais elevada, para um reservatório que aquece a água.

O ar, agora resfriado, pode ser liberado para o cômodo em que está inserido (o que não é o ideal, porque resfria o ar ambiente que ele usará para aquecer a água), ou pode ser direcionado para refrigerar outros cômodos, funcionando como um ar condicionado.

Para seu funcionamento mais eficiente, eles devem ser instalados em locais cuja temperatura varie de 4,4°C até 32,2°C, o que é ideal para o Brasil, principalmente para o Rio de Janeiro. Para dias mais frios, eles podem ter um sistema híbrido, que aquece a água através de energia elétrica.

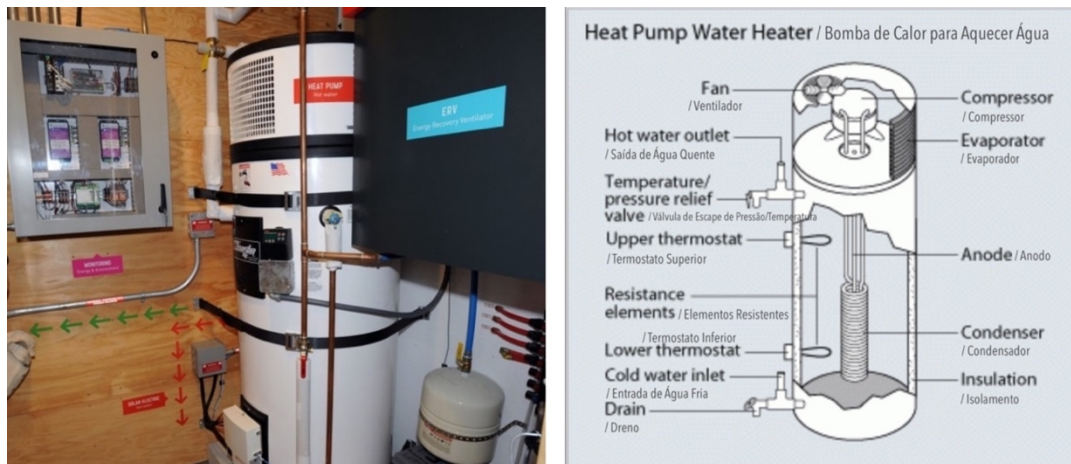


Figura 6.20: Bomba de calor (esquerda) e componentes da bomba de calor (direita).  
Fonte: *USA Department of Energy* (2018).

## 6.2 Smart Grid

Antes de abordar qualquer tipo de geração de energia *in loco*, é fundamental tratar de uma “tecnologia” que torna mais viável e mais sustentável o uso de qualquer uma destas fontes, chamada *smart grid*, ou rede inteligente.

*Smart grid* é na verdade um conceito envolvendo tecnologias com o fim alcançar metas específicas de gerenciamento da rede elétrica, enquanto faz uso de tecnologias de informação e comunicação.

Segundo o site *USA Department of Energy* (sem data),

As *smart grids* representam uma oportunidade sem precedentes de mover a indústria de energia para uma nova era de confiabilidade, disponibilidade e eficiência que irá contribuir para a nossa saúde econômica e ambiental.

A rede elétrica é constituída de diversos elementos, como as linhas de transmissão, as subestações e os transformadores. Ela é responsável por fornecer a energia produzida nas usinas de geração de energia (usinas hidrelétricas, nucleares, eólicas) para as residências, indústrias e estabelecimentos comerciais.

A partir do momento que o consumidor tradicional de energia passa a poder gerar energia localmente, através de painéis solares, pequenas turbinas eólicas e de outras formas, a rede elétrica precisa se atualizar para poder tornar estas energias mais acessíveis e para poder suprir de forma mais eficiente este consumidor quando estas fontes estão com baixa produtividade.

Uma das melhores definições de *smart grid* foi dada pelo ministro de energia francês (MOOC New Energy Technologies, 2016), na qual ele define *smart grid* como

A rede elétrica que consegue lidar de forma ótima com o balanço geração/consumo em um ambiente cada vez mais complexo, impulsionado pelo: aumento no uso de fontes de energia intermitentes e geração distribuída, a necessidade de lidar com o pico de demanda e eficiência energética, bem como a gestão da procura, e a multiplicidade de atores em um ambiente de acesso aberto.

Outra definição muito interessante é da Plataforma Tecnológica Europeia (MOOC New Energy Technologies, 2016):

Rede elétrica que consegue integrar de forma inteligente as ações de todos os usuários conectados a ela – geradores, consumidores e aqueles que são ambos – com o objetivo de entregar eficientemente um abastecimento elétrico sustentável, econômico e seguro.

Tradicionalmente, as redes de distribuição de energia foram desenhadas para fornecer energia apenas em uma única direção:



Neste caso, os clientes são os pontos finais da distribuição. Porém, com o desenvolvimento das novas tecnologias de energia, como eólica e solar, estas redes precisam ser modificadas, já que estas energias são caracterizadas por sua intermitência.

Com as *smart grids*, as redes deixam de ter uma única direção e passam a ter várias, momento em que os clientes deixam de ser os pontos finais e somente consumidores e passam a ser prosumidores, ou seja, consumidores e produtores de energia. A Figura 6.21 apresenta um esquema de *smart grid*.



Figura 6.21: *Smart grid* – rede com muitos dados e várias direções, prosumidores.  
Fonte: *US Department of Energy* (2018).

Nestas novas redes, os operadores dos sistemas de distribuição passam a ter novas tarefas e desafios, devendo fazer uso do potencial de flexibilidade da rede e dos consumidores, resolvendo os gargalos das redes, otimizando sua performance e aproveitando ao máximo os recursos existentes.

Eles devem também antecipar e controlar os fluxos de energia, prevendo os momentos com baixa e alta produções, acionando ou desativando as usinas reservas de produção de energia, como as termelétricas, as usinas nucleares e, possivelmente, as hidrelétricas.

Para isto, eles devem implementar os medidores inteligentes ao longo de toda a rede. Estes medidores são os principais componentes das redes inteligentes, trazendo diversos novos serviços aos clientes e facilitando a integração entre as novas fontes de energia e a rede.

Estes medidores inteligentes irão fornecer muitas informações aos operadores dos sistemas de distribuição, que irão auxiliá-los a encontrar os locais ideais para instalar os postos de carregamento dos carros elétricos, integrar as fontes de energia renováveis, descentralizar o armazenamento de energia, criar melhores planos de energia para as cidades e desenvolver melhores programas de economia de energia.

Conforme o site *USA Department of Energy* (sem data), as *smart grids* trazem diversas vantagens:

- a) Transmissão de energia mais eficiente;
- b) Restauração mais rápida da eletricidade após perturbações na rede;
- c) Redução dos custos operacionais e administrativos das empresas, e custos de energia consideravelmente mais baratos para os consumidores;
- d) Redução dos picos de demanda, o que também contribui para tarifas elétricas mais baixas;
- e) Aumento da integração de sistemas de energia renovável em larga escala;
- f) Melhor integração dos prosumidores;
- g) Aumento da segurança de abastecimento de energia.

As redes inteligentes auxiliam na segurança do abastecimento elétrico devido à sua multiplicidade de direções, proporcionando um redirecionamento do fluxo de energia quando ocorrer a falha de um equipamento ou uma interrupção no abastecimento. Quando uma interrupção ocorrer, a rede logo a detectará e a isolará, evitando que essa interrupção se espalhe e que os apagões aconteçam.

Além disso, as novas tecnologias irão ajudar o abastecimento a se reestabelecer mais rapidamente e de forma estratégica (Figura 6.22), garantindo que serviços essenciais sejam mantidos, como saúde, policiamento, sinalização de trânsito e sinais telefônicos.

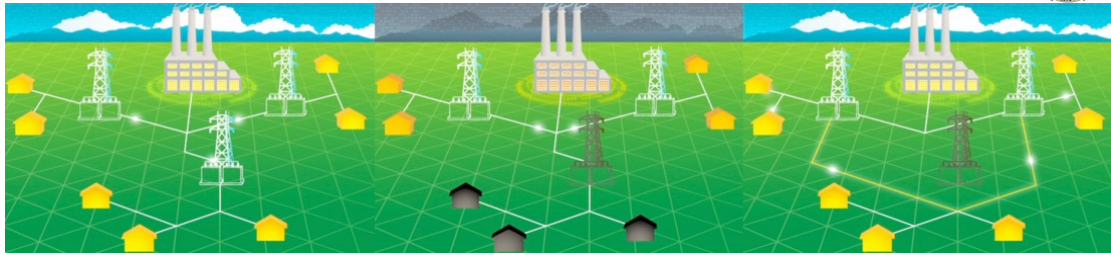


Figura 6.22: Rede funcionando normalmente (esquerda), interrupção no abastecimento (centro), *smart grid* detecta problema e redistribui a energia (direita).  
Fonte: *US Department of Energy* (2018).

Outra vantagem considerável é a possibilidade de retirar da maioria das residências a necessidade de instalar uma bateria para armazenar a energia gerada pelas suas fontes locais, como a solar.

É sabido que as baterias são uma das maiores desvantagens das fontes de energia locais, em primeiro lugar porque são a parte mais cara de toda a instalação e, em segundo, porque possuem a menor vida útil de todo o sistema, cerca de 4 a 5 anos.

Elas também são as responsáveis por tornar as energias renováveis não tão limpas quanto deveriam, pois, devido à baixa vida útil das baterias, estas precisam ser trocadas regularmente, o que traz um grande impacto ambiental, já que elas contêm inúmeros metais pesados, que precisam ser reciclados.

Além de todas estas vantagens, as *smart grids* ainda possibilitarão o crescimento e o desenvolvimento das *smart homes* (casas inteligentes), e conseqüentemente dos *smart buildings* (edifícios inteligentes), e das *smart cities* (cidades inteligentes).

As *smart homes* são casas que por fora, no geral, se assemelham às casas tradicionais, porém, elas são repletas de tecnologias para melhorar a eficiência energética e promover um uso ótimo da rede de energia elétrica.

Estas casas estão conectadas à Internet e possuem controles computadorizados, que fornecem tanto informações aos proprietários, quanto aos distribuidores de energia, minimizando o uso de energia quando a rede elétrica está sobrecarregada devido à alta demanda ou até mesmo aproveitando os horários de baixo custo de energia para desempenhar suas funções.

As casas inteligentes possuem três tipos de equipamentos fundamentais: os medidores inteligentes e sistemas de gerenciamento de energia, os eletrodomésticos inteligentes (*smart appliances*) e os equipamentos de geração de energia.

### 6.2.1 Medidores Inteligentes

Os medidores inteligentes (Figura 6.23), conforme foi dito anteriormente, fornecem diversas informações aos operadores do sistema de distribuição de energia, mas eles também são responsáveis por promover a interface entre os distribuidores de energia e os clientes.

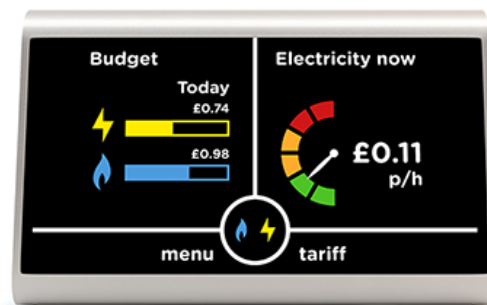


Figura 6.23: Exemplo de medidor inteligente do Reino Unido.  
Fonte: *Smart Energy GB* (2018).

Estes medidores geram muito mais dados do que os tradicionais relógios de luz, pois eles estão conectados à Internet, conseguindo criar um banco de dados com informações sobre o quanto de energia está sendo gasta naquele momento, o quanto de energia foi gasta na última hora, dia, semana ou mês e o quanto está sendo gasto.

Com todas as informações que eles fornecem, o consumidor tem condições de saber com precisão quais eletrodomésticos consomem mais energia em sua residência e podem tornar decisões mais embasadas e mais eficientes para reduzir o seu consumo de energia e, principalmente, os seus gastos com eletricidade. Além disso, ele acaba com a conta estimada de luz e com a necessidade da visita mensal do funcionário que faz a leitura do relógio de luz.

As informações geradas por eles podem ser processadas através do Sistema de Gerenciamento de Energia (*Home Energy Management System – EMS*), que permite

que o consumidor veja todos os dados de forma clara, simples, inteligível e intuitiva em seu computador ou em um tablet ou smartphone.

O EMS também permite que o cliente monitore em tempo real o custo da energia e o quanto de energia está sendo consumida em sua residência e, ainda, permite que ele crie ajustes para usar energia apenas durante os períodos de baixo custo.

Este sistema também ajuda as concessionárias de luz, à medida que o cliente pode permitir que alguns equipamentos sejam desligados automaticamente em períodos de pico de demanda, desafogando a rede elétrica, o que auxilia no equilíbrio do fluxo elétrico, evitando apagões.

### 6.2.2 Eletrodomésticos Inteligentes

Em breve, muitos eletrodomésticos estarão conectados à Internet e ao EMS (Figura 6.24), possibilitando que o cliente os monitore e decida remotamente quando quer desligá-los ou ligá-los.

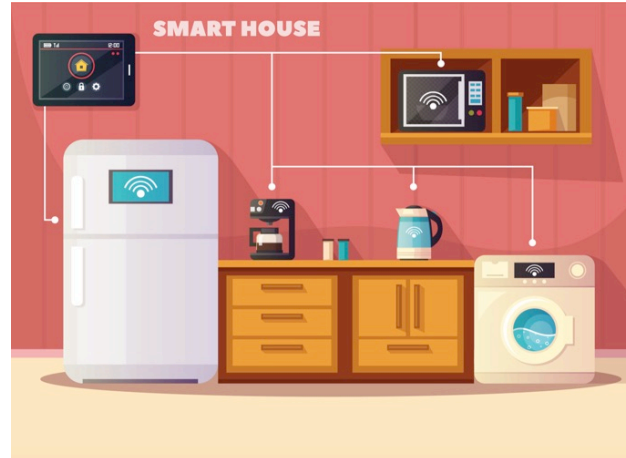


Figura 6.24: Eletrodomésticos inteligentes, conectados à Internet e ao EMS.  
Fonte: *Southwest Appliance* (2018).

Além desta conveniência, o consumidor também poderá programar os eletrodomésticos para que eles possam receber comandos da concessionária de luz, evitando que eles entrem em operação em períodos de pico de demanda ou, até mesmo, que eles operem de forma ótima.

Por exemplo, o tempo do ciclo do ar condicionado aumentaria ligeiramente de maneira tal que o consumidor não percebesse a diferença em seu funcionamento, mas que isto, ocorrendo com diversos aparelhos ao longo da rede, reduziria a demanda na rede elétrica significativamente, ou ainda, os refrigeradores poderiam adiar o seu ciclo de descongelamento até terminar os períodos de pico de demanda.

Nesta categoria, é possível incluir os veículos elétricos (*Plug-in Electric Vehicle – PEV*). Com as *smart grids* e os medidores inteligentes, o EMS passa a controlar quando os veículos elétricos são carregados, mais ainda, quando os PEVs são usados como bateria, fornecendo energia para a residência (Figura 6.25).

Isto é, em períodos de alta demanda da rede elétrica, quando o preço do kWh é mais alto, os veículos elétricos fazem as vezes das baterias, provendo parte da energia que a residência precisa. Já em períodos de baixíssimo preço do kWh – durante a madrugada, no geral – suas baterias são recarregadas, estado prontos para o uso pela manhã.



Figura 6.25: Veículo elétrico ligado à *smart home* (esquerda), serve de bateria durante consumo elevado (centro) e recarrega durante consumo baixo (direita).

Fonte: *US Department of Energy* (2018).

### 6.2.3 Equipamentos de Geração de Energia

Em uma *smart home*, todos os equipamentos de geração de energia estão conectados tanto à *smart grid*, quanto ao medidor inteligente e ao EMS. Com isto, o consumidor consegue saber ao certo o quanto de energia ele está produzindo e fornecendo à concessionária de luz e o quanto ele está consumindo da rede elétrica.

Além de tudo, o que também é muito interessante é que, com os equipamentos de geração de energia locais ligados à rede elétrica, se, por algum motivo ocorrer uma pane

no abastecimento de luz para a região do consumidor, ele e seus vizinhos podem fornecer energia para manter a rua com energia, bem como as residências ao redor, até que a concessionária de energia consiga resolver os problemas. Isto se chama *islanding*.

### 6.3 Painéis Solares

A cada hora, a Terra é atingida com a quantidade suficiente de energia que a humanidade precisa durante todo um ano. Toda esta energia chega ao planeta através dos raios solares (MOOC New Energy Technologies, 2016).

No Brasil e no mundo, a energia solar é uma das fontes de geração de energia mais promissoras, justamente porque os raios que incidem sobre a superfície terrestre são gratuitos e, na maior parte do mundo, incidem todos os dias do ano, mesmo em dias nublados.

Na Alemanha, a energia solar supre 7-8% da demanda de energia do país (MOOC New Energy Technologies, 2016), enquanto que no Brasil, a energia solar contribui apenas com 5,4% (EPE, 2016). Estes valores podem não parecer muito díspares, mas se considerar que o local brasileiro menos ensolarado pode produzir mais energia do que o local alemão mais ensolarado (PEREIRA *et al.*, 2017), esta diferença, em termos conceituais, aumenta bastante.

Dados sobre irradiação solar no Brasil podem ser coletados no Atlas Brasileiro de Energia Solar do INPE (PEREIRA *et al.*, 2017). Para saber o potencial de energia solar que pode ser captada, é necessário saber as incidências de três tipos de irradiação: a irradiação solar global horizontal, a irradiação solar direta normal e a irradiação solar no plano inclinado na latitude.

A Figura 6.26 apresenta os valores médios anuais dos três tipos de irradiação solar dispostos no mapa brasileiro. Já a Figura 6.27 apresenta os valores mensais destas irradiações.

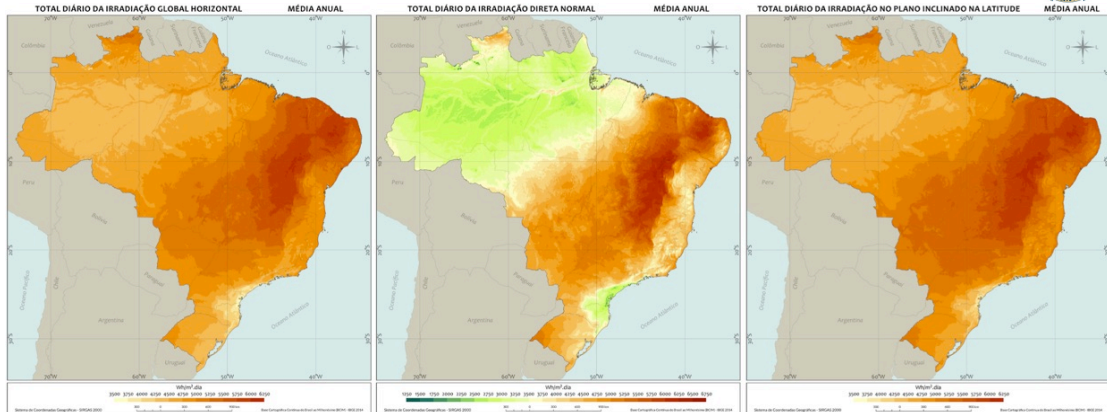


Figura 6.26: Dados médios anuais de irradiação solar global horizontal, direta normal e no plano inclinado na latitude.  
 Fonte: Pereira *et al.* (2017).

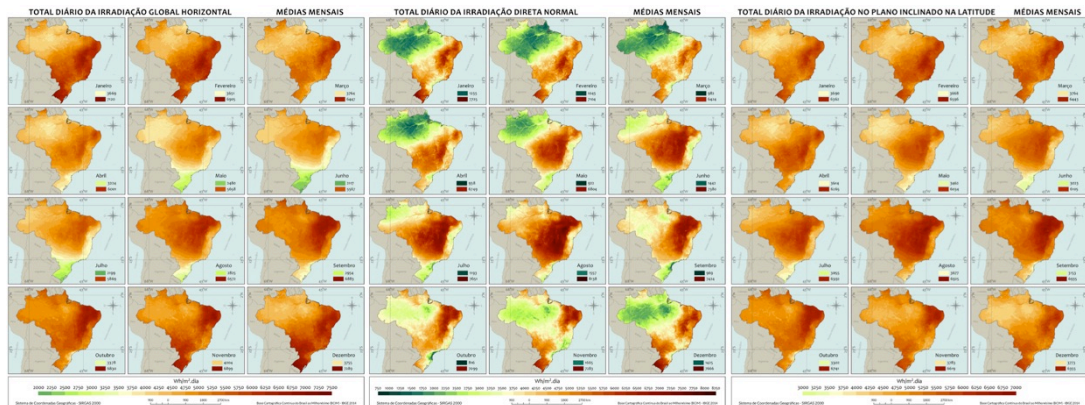


Figura 6.27: Dados mensais de irradiação solar global horizontal, direta normal e no plano inclinado na latitude.  
 Fonte: Pereira *et al.* (2017).

Observando as intensidades de coloração dos gráficos, é notável que a região com maior incidência de irradiação solar é a Nordeste, com grandes incidências ao longo do ano todo, inclusive no inverno. A região Sudeste também apresenta uma excelente incidência de irradiação, tendo pouca variação ao longo do ano, em especial para o estado do Rio de Janeiro.

A partir destes dados de irradiação, a equipe do INPE calculou o rendimento anual máximo em todo território nacional (Figura 6.28). Este rendimento leva em consideração a geração de energia elétrica gerada por ano para cada potência fotovoltaica instalada, dado uma eficiência de 80%, que “representa o desempenho de um gerador solar fotovoltaico bem projetado e instalado com equipamentos de boa qualidade e etiquetados pelo INMETRO” (PEREIRA *et al.*, 2017).

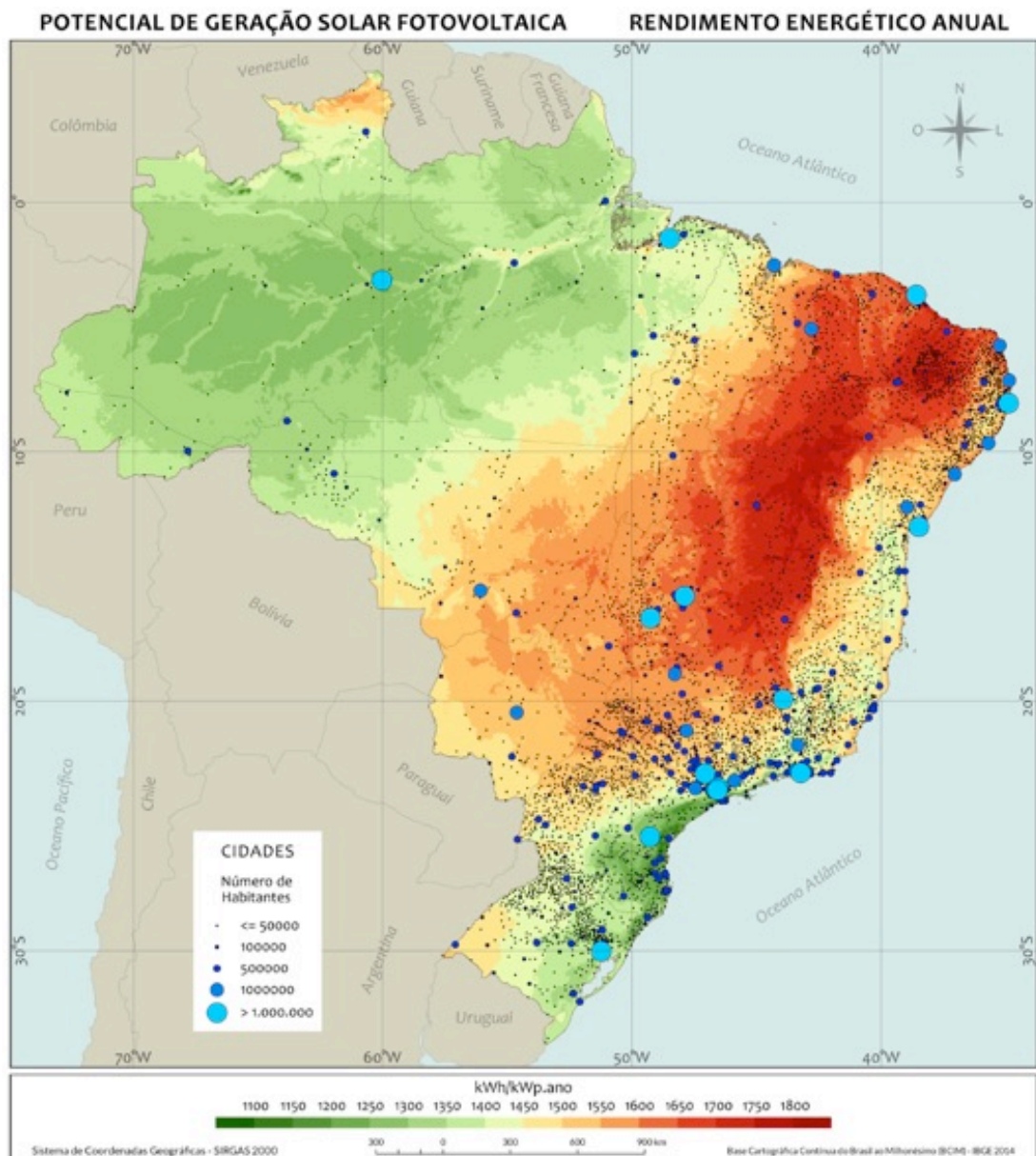


Figura 6.28: Potencial de geração solar fotovoltaica no Brasil.

Fonte: Pereira *et al.* (2017).

O mapa da Figura 6.28 é bem interessante, pois, além de mostrar o rendimento energético esperado, ele ainda destaca as cidades com maior número de habitantes, como Rio de Janeiro e São Paulo.

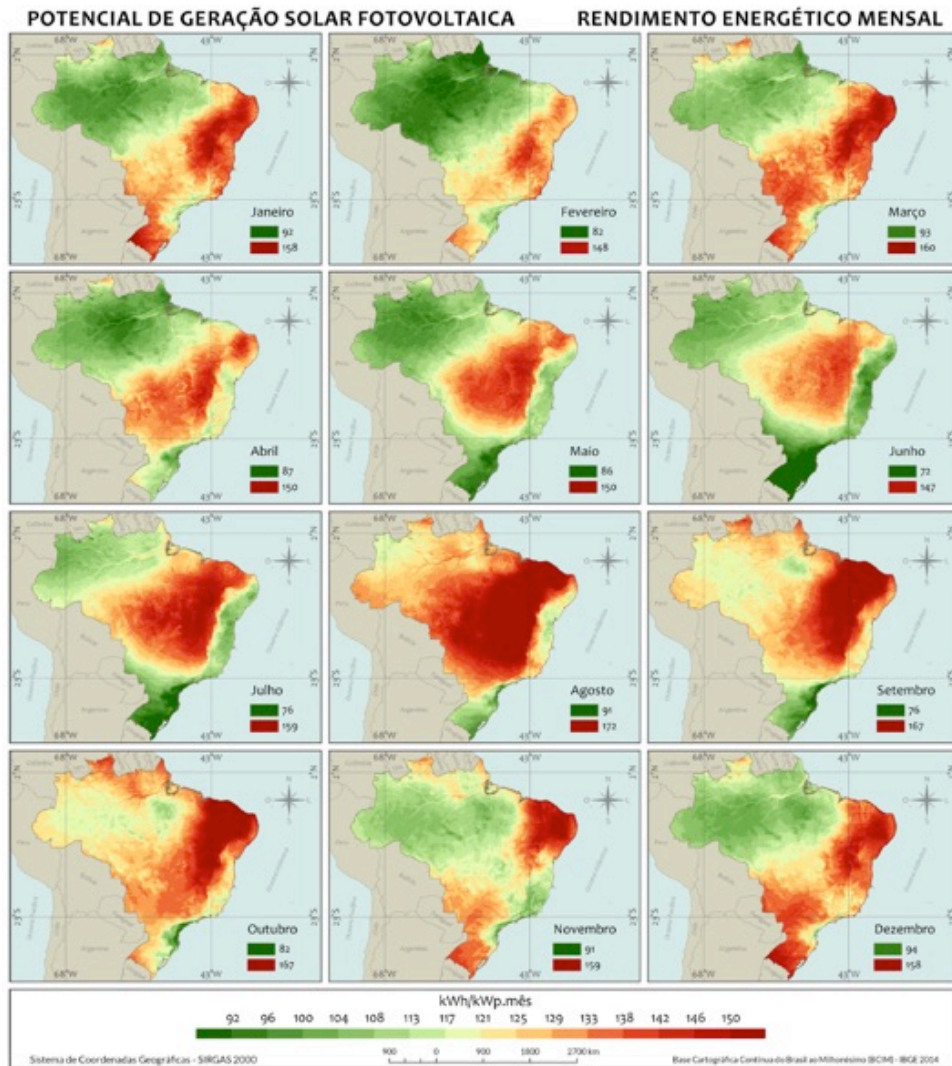


Figura 6.29: Potencial mensal de geração solar fotovoltaica no Brasil.

Fonte: Pereira *et al.* (2017).

O Atlas Brasileiro de Energia Solar do INPE faz uma importante observação sobre os dados apresentados neste mapa (Figura 6.29):

É importante notar que nos meses de verão, principalmente de dezembro a março, a geração é máxima nos estados do extremo Sul e Sudeste do Brasil e coincide com os máximos de demanda registrados pelo Operador Nacional do Sistema – ONS para estas regiões.

Dada esta informação e considerando um futuro cenário de uso difundido de *smart grids*, a energia solar passará a ter uma grande importância na matriz energética brasileira.

As vantagens da adoção de geração de energia elétrica a partir de painéis solares em residências são inúmeras:

- a) Diminuição dos custos na conta de luz;
- b) Não possui peças móveis, mínima manutenção, não produz ruídos nem poluentes;
- c) Possui vida útil de cerca de 30 anos;
- d) Materiais facilmente recicláveis ao fim de sua vida útil;
- e) Possibilidade de integração com a rede de distribuição (*smart grid*), eliminando a necessidade de uso de baterias;
- f) Painéis são instalados em locais que, no geral, possuem pouca utilidade (telhados e fachadas).

Sobre este último item (f), hoje em dia existe o conceito de Edifícios Solares Fotovoltaicos (PEREIRA, E. B. *et al.*, 2017). Estes edifícios integram painéis solares às suas fachadas e aos seus telhados, captando energia de diferentes ângulos e aumentando a área de captação. Quando utilizados junto a fachadas, os painéis substituem o uso de revestimentos convencionais.

Existem, ainda, algumas desvantagens no uso de energia solar:

- a) Baixa eficiência das células fotovoltaicas, de apenas 15-20%;
- b) Alto custo inicial;
- c) Baixa eficiência da produção dos painéis, desperdiçando quase 50% de silício (matéria-prima principal);
- d) Produção de energia apenas durante o dia e com presença de sol.

Contudo, muitas destas desvantagens estão sendo resolvidas.

O custo inicial está diminuindo bastante, isto porque a China tem produzido massivamente painéis solares, o que tem feito o preço diminuir significativamente. Além disso, novas formas de financiamento têm surgido no mercado, como é o caso da empresa Solar Grid, que calcula exatamente o quanto de energia é necessário produzir na residência do cliente para zerar o preço de sua conta de energia ao integrar a geração

de energia com a rede de distribuição. A empresa facilita o financiamento, cobrando por mês o quanto seria gasto, em média, com a conta de luz, sendo mais fácil para o consumidor arcar com os custos de instalação.

A outra desvantagem, a de produção de energia apenas durante o dia, também está sendo relativamente solucionada à medida que a rede de distribuição está se tornando mais inteligente e permitindo que fontes de energia elétrica descentralizadas sejam conectadas a ela. Como foi dito anteriormente, isto elimina a necessidade de uso de baterias e garante o abastecimento de eletricidade em todos os momentos, mesmo que os painéis não estejam captando energia solar.

Cabe ressaltar que as fontes de energia elétrica intermitentes, como a solar e a eólica, nunca irão suprir todas as demandas por energia e elas não poderão ser as únicas fontes de energia de uma matriz energética, justamente por sua intermitência. Porém, no futuro, elas contarão com uma maior participação na matriz energética global, sendo complementadas por outras fontes de energia limpas, mas prontas para uso, como a hidrelétrica, o hidrogênio e o biometano.

Novos tipos de painéis têm surgido no mercado, e a fabricante francesa Luxol tem inovado ao modificar os formatos e as utilidades dos painéis. Esta fabricante produz painéis em formato de telhas convencionais (Figura 6.30), otimizando a área de captação e permitindo a integração com as telhas comuns, facilitando a manutenção do telhado.

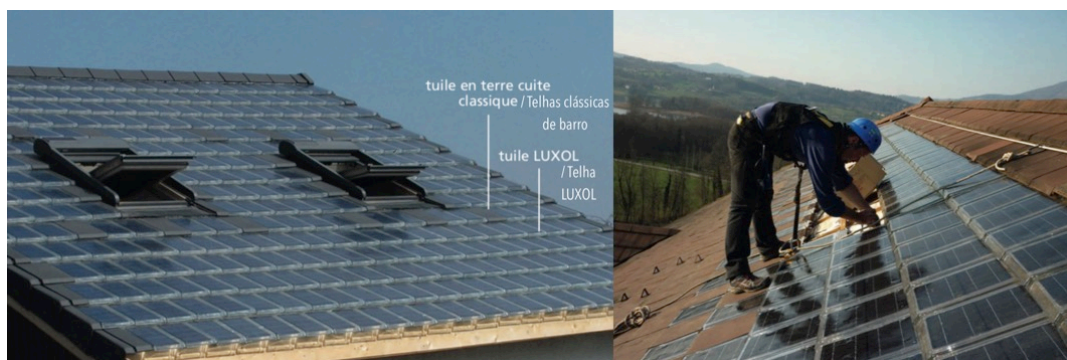


Figura 6.30: Telhas fotovoltaicas da Luxol, compatíveis com as telhas tradicionais.  
Fonte: LUXOL (2013).

## 6.4 Biodigestores

Biogás é uma nova fonte de energia renovável, produzido pela decomposição de matéria orgânica (biomassa). A biomassa é sintetizada a partir da fotossíntese das plantas. Na fotossíntese, as plantas transformam, com uso de energia solar, gás carbônico atmosférico ( $\text{CO}_2$ ), água e sais minerais em cadeias de hidrocarbonetos que serão usadas para o crescimento vegetal (MOOC New Energy Technologies, 2016).

Existem dois tipos de biomassa: biomassa celulósica e biomassa lignocelulósica. A primeira é oriunda de restos de comida e resíduos agrícolas, já a segunda é proveniente de materiais lenhosos, como galhos e troncos.

Por conseguinte, entende-se que biomassa nada mais é do que um resíduo sólido que corriqueiramente irá ser descartado em aterros sanitários, sendo subaproveitado. Contudo, cada um desses tipos de biomassa pode ser, a sua maneira, melhor aproveitado, gerando energia e adubos.

A biomassa lignocelulósica pode ser aproveitada a partir de processos termoquímicos, como gaseificação ou combustão. Enquanto que a biomassa celulósica pode ser aproveitada a partir da digestão anaeróbica, que a nível residencial é mais interessante.

A digestão anaeróbica é um processo natural de decomposição da matéria orgânica que faz uso de bactérias anaeróbicas em condições em que não há (ou quase não há) presença de oxigênio.

Este tipo de decomposição é considerada uma reação incompleta, pois seu produto final possui metano e outros gases além de gás carbônico, diferentemente do que ocorre na decomposição aeróbica. Esta decomposição tem como produtos metano, gás carbônico e lodo dos digestores (frações residuais de matéria orgânica).

A decomposição anaeróbica pode ser dividida em três partes: hidrólise e acidogênese, acetogênese e metanogênese.

a) Hidrólise e acidogênese: transforma a matéria orgânica em ácidos orgânicos, como acético, propiônico e álcoois, e produz muito hidrogênio e gás carbônico.

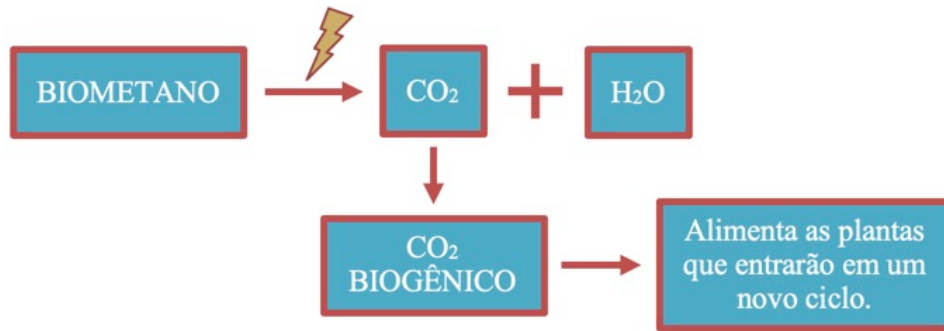
b) Acetogênese: bactéria acetogênica produz ácido acético, hidrogênio e gás carbônico a partir dos produtos hidrolisados.

c) Metanogênese: alguns microrganismos metanogênicos pertencentes à família Archaea convertem o ácido acético em metano ( $\text{CH}_4$ ) e gás carbônico, enquanto de outros microrganismos da mesma família convertem gás carbônico e hidrogênio em metano e água.

Para que estas reações ocorram de forma satisfatória, é necessário que o ambiente tenha condições ideais de temperatura, umidade e pH. O pH deve estar entre 6,5 e 8,5 e a temperatura deve ser positiva, podendo chegar até 60-65°C.

Os materiais disponíveis para este tipo de processamento anaeróbico são esgoto doméstico, resíduos sólidos municipais e resíduos agrícolas. Porém estes materiais possuem baixa densidade energética, sendo capazes de produzir de 50 a 300 m<sup>2</sup> de  $\text{CH}_4$  por tonelada de biomassa, o que é considerado baixo. Por isso, ao invés de coletar estes materiais e gastar energia levando-os para uma usina de produção de biogás, é muito mais vantajoso produzi-lo localmente.

O biogás é prioritariamente composto por  $\text{CH}_4$ , mas ele também contém concentrações elevadas de  $\text{CO}_2$  e outras impurezas, o que o torna menos eficiente para a produção de energia. Diante disto, este gás é posteriormente processado e transformado em biometano, que é um substituto renovável e neutro para o gás natural, que é vastamente utilizado no Rio de Janeiro para cozinhar e aquecer água.



O biometano pode ser usado de diversas formas. Ele pode ser queimado de maneira eficiente para produzir calor e aquecer água em boilers, substituindo o gás natural, conforme foi dito anteriormente; pode ser comprimido ou liquefeito para ser transformado em combustível para os automóveis; ou pode ser utilizado para produzir energia elétrica.

Para a produção de energia elétrica, ele pode ser combustado em motores a gás. Mas, deve-se fazer um pré-tratamento para remover poluentes corrosivos, como sulfato de hidrogênio ( $H_2S$ ), amônia, compostos orgânicos voláteis (VOCs) e compostos aromáticos. Todavia, a eficiência do processo é baixa, cerca de 30-40%.

Em função disso, o ideal é que se faça um uso combinado: produção de energia e aquecimento. Este uso combinado é realizado em centrais de cogeração (*Combined Heat and Power Units – CHP*).

Nas centrais de cogeração, o excesso de calor gerado na produção de energia elétrica pode ser recuperado do motor e dos gases de exaustão, servindo para aquecer os ambientes ou água e para secar o lodo do digestor. Isto não só dá outra utilidade à combustão como também a torna mais eficiente, pois resfria tanto o ambiente quanto o motor.

Com o desenvolvimento das *smart grids*, produzir biometano localmente, de forma descentralizada e com pequenas usinas, tem se mostrado bastante promissor (MOOC New Energy Technologies, 2016), sendo uma boa solução tanto para o problema dos resíduos sólidos quanto para a produção de energia e aquecimento de água e calefação.

Em países como a França e a Alemanha, os biodigestores para produção de biogás têm se desenvolvido bastante e principalmente em fazendas, uma vez que elas fornecem a matéria-prima (resíduos agrícolas) e aproveitam o lodo dos digestores como fertilizantes naturais em seus cultivos.

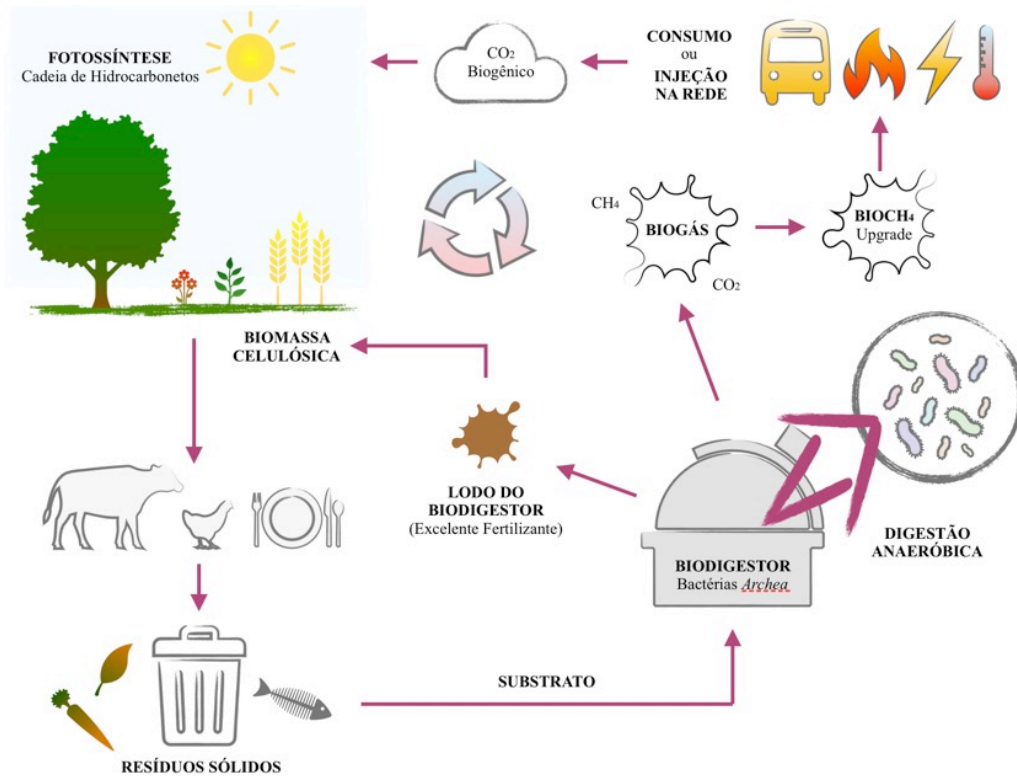


Figura 6.31: Ciclo fechado e renovável da produção de energia através de biodigestores.

Fonte: Acervo Pessoal.

Acredita-se que é possível usar de forma bastante satisfatória esta tecnologia em edifícios residências no Rio de Janeiro, principalmente naqueles edifícios que possuem jardins e hortas, que podem funcionar como as fazendas dos países europeus.

#### 6.4.1 Tecnologia

A digestão anaeróbica pode utilizar técnicas de fermentação contínuas ou descontínuas e pode ocorrer em reatores em batelada ou em reatores do tipo *plug flow* (fluxo em pistão). Não obstante, os reatores devem permitir as condições necessárias para que as reações ocorram.

Com o intuito de produzir biogás e posteriormente biometano, deve-se utilizar biomassa em estado sólido, ou seja, restos de comida, poda de jardim, resíduos sólidos agrícolas, e deve-se fazer uso de reatores do tipo *plug flow* (MOOC New Energy Technologies, 2016).

A alimentação do biodigestor é feita por uma mistura de biomassa. Dependendo do teor de umidade do material, utiliza-se tipos diferentes de fermentação: para 6-20% de proporção de material seco, o indicado é usar fermentação úmida, enquanto que para 20-40% de proporção de material seco, deve-se usar fermentação seca.

Além de produzir o biogás, os biodigestores também produzem lodo, que são materiais altamente ricos em nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, os principais nutrientes que as plantas precisam para crescerem de forma rápida e saudável.

## 7 RESÍDUOS SÓLIDOS

Desde o início da civilização, os resíduos sólidos sempre foram um problema para a humanidade. No princípio, eles eram descartados em locais afastados dos centros urbanos, mas, com o tempo, este espaço foi diminuindo cada vez mais à medida que a população foi crescendo e as cidades foram se expandindo.

Essa diminuição das distâncias foi evidenciando os problemas que o descarte inadequado dos resíduos sólidos provoca. Dentre estes problemas é possível incluir a contaminação do solo e do lençol freático; a proliferação de vetores que disseminam doenças; a poluição do ar e dos rios; e os problemas sociais.

Por isso, o governo brasileiro desenvolveu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), disposta na Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010. Esta lei tem grande importância na busca para resolver a problemática da geração dos resíduos sólidos, visando sua diminuição pelo consumo consciente, e da disposição final dos rejeitos sólidos, além da importância na promoção da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos.

Em seu Artigo 1º – Inciso 1º, fica declarado que a responsabilidade sobre o descarte correto dos resíduos sólidos cabe a todos os envolvidos no ciclo de vida daquele resíduo, tanto pessoa física quanto jurídica, o que define o conceito de responsabilidade compartilhada, ao cabo que diz:

Estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos.

Além de definir quem são os responsáveis pelos resíduos, esta lei ainda desenvolveu muitas definições pertinentes ao caso dos resíduos sólidos, como a coleta seletiva, a destinação final e a disposição final ambientalmente adequadas, o gerenciamento de resíduos sólidos, e a diferença entre rejeito e resíduo.

De acordo com a PNRS, os resíduos sólidos são todos os materiais sólidos resultantes das atividades humanas que serão descartados, pois já não têm mais utilidade ao consumidor que o detém. Já os rejeitos são todos os resíduos sólidos que após todos os seus usos, reciclagens e tratamentos não podem mais ser utilizados, restando apenas a disposição final ambientalmente adequada. Ou seja, os resíduos sólidos ainda possuem valor econômico e podem ser reciclados ou reaproveitados, enquanto que os rejeitos não podem, pois já atingiram o fim do seu ciclo de vida.

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2017), o Brasil produziu 78,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos em 2017, dos quais 91,2% foram coletados.

A região que mais contribuiu nesta quantidade de resíduos sólidos coletados foi a região Sudeste, detentora de 52,9% dos resíduos, enquanto que a região que teve menor participação foi a região Norte, com apenas 6,5% (Figura 7.1).

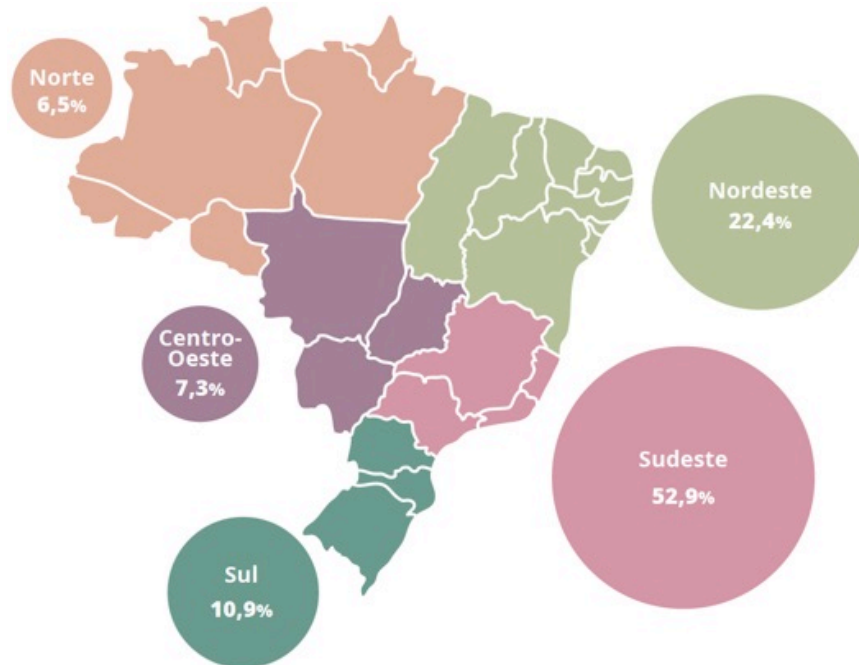


Figura 7.1: Participação das regiões do país no total de resíduos sólidos coletado.  
Fonte: ABRELPE (2017).

Ainda conforme dados do mesmo relatório, a região Sudeste também é a região que possui o maior índice de cobertura de coleta de resíduos sólidos, chegando a 98,06%. Porém, aquela que possui o menor índice, 79,06%, é a Nordeste (Figura 7.2).

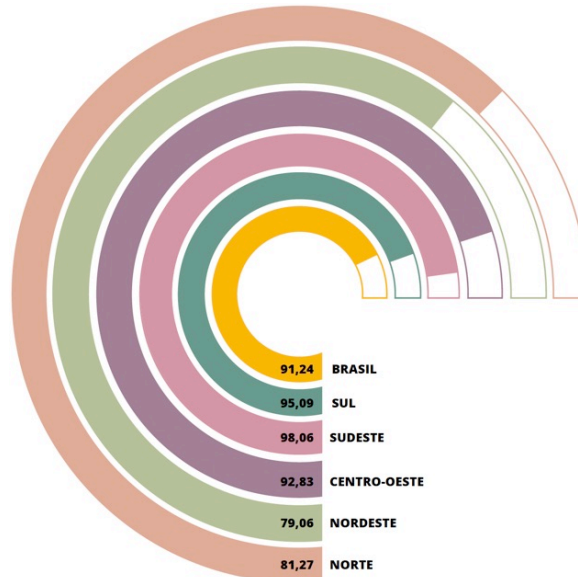


Figura 7.2: Índice de cobertura de coleta de resíduos sólidos (%).  
Fonte: ABRELPE (2017).

Apesar deste índice brasileiro de coleta ser elevado, apenas 53,9% de todos os resíduos sólidos gerados foram dispostos corretamente em aterros sanitários.

Embora a PNRS tenha determinado 2014 como o prazo máximo para a extinção dos lixões, ainda em 2017, 18,0% dos resíduos sólidos coletados foram dispostos em lixões (Figura 7.3). Como o prazo final que os municípios tinham para extinguir os lixões está vencido há quase quatro anos, o Senado, em 2015, aprovou a prorrogação do prazo, estabelecendo-o entre 2018 e 2021 (G1, 2015).

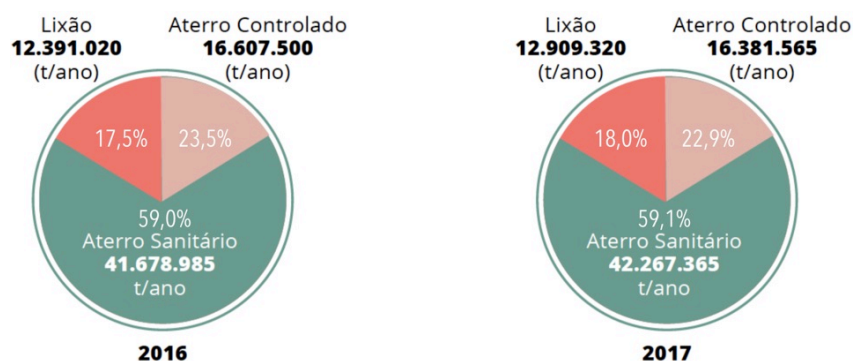


Figura 7.3: Disposição final dos resíduos sólidos coletados no Brasil (t/ano).  
Fonte: ABRELPE (2017).

Porém, já com o fim do segundo prazo, a realidade brasileira não apresentou grandes mudanças. Pelo relatório, o Brasil tem quase 3 mil lixões ainda em operação em 1.600 cidades (TV Globo, 2018), resultado semelhante ao que foi apresentado pelo Ipea (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) em 2012, ano em que o país tinha em operação 2.906 lixões em 2.810 municípios (Globo Natureza, 2012).

Comparando os anos de 2016 e 2017 na Figura 7.3, observa-se que os dados são preocupantes, pois não demonstram uma boa tendência. O percentual de resíduos sólidos destinados a lixões aumentou no período, enquanto que aqueles destinados a aterros sanitários e aterros controlados diminuíram.

Outro dado pertinente ao estudo é a porcentagem dos municípios, por região, que possuem iniciativas de coleta seletiva (Figura 7.4). De todos os municípios brasileiros, 70,4% possuem iniciativas deste tipo, o que não é um índice muito elevado. Ainda que a região Sul e Sudeste possuam bons índices, 90,5% e 87,8% respectivamente, que ajudaram – e muito – para elevar o índice do país, as demais regiões possuem índices muito baixos, e até alarmantes: 60% para a Norte, 50,3% para o Nordeste e apenas 44,8% para o Centro-Oeste.

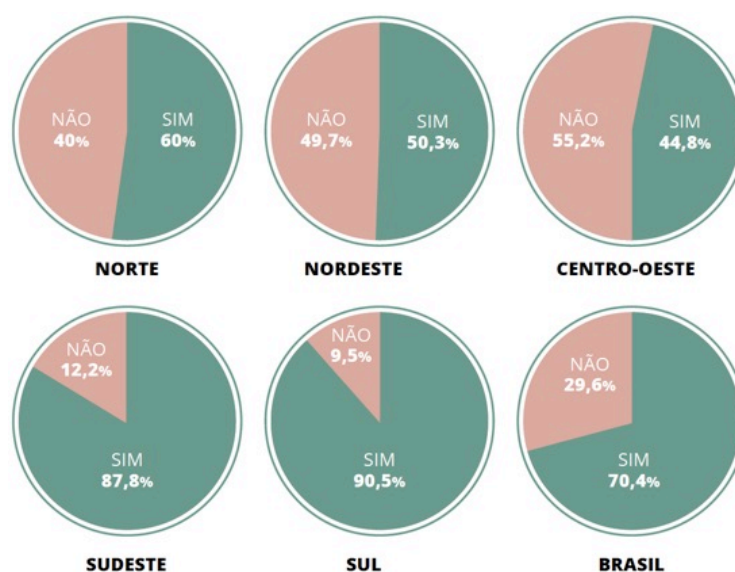


Figura 7.4: Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil. Fonte: ABRELPE (2017).

Entretanto, mesmo que os índices de cobertura de coleta, de municípios com iniciativas de coleta seletiva e de disposição final ambientalmente adequada fossem excelentes (~90%), os resíduos sólidos ainda seriam um grande problema ambiental para as cidades. Isto porque dispor os resíduos em aterros sanitários (por mais modernos e equipados que eles sejam) ainda é uma solução ruim.

Não é a melhor solução por diversos motivos, dentre eles é possível citar: as cidades já não terem mais espaços disponíveis para destiná-los a um fim tão limitado como aterros sanitários, que têm uma vida útil muito baixa, cerca de 20 anos (MONTEIRO *et al.*, 2001) e que posteriormente passam a ser espaços descartados, por terem baixa utilidade (pracinhas, campos de golfe); por não aproveitarem os nutrientes oriundos da decomposição da matéria orgânica; por não ser a forma mais eficiente de produzir, coletar e aproveitar o biogás e por não poderem se localizar próximos a aeroportos, raio mínimo de 20 km (Lei 12.725:2012 – Artigo 3º – Parágrafo 1º).

Por isso, pensar em soluções locais para a geração local dos resíduos é de fundamental importância ao ter como foco projetos de construções sustentáveis. De tal modo, adoção de práticas de compostagem, geração de energia através de biodigestores e a promoção de coleta seletiva nas edificações são de grande valia.

### **7.1 Gerenciamento de Resíduos da Construção e Demolição**

É bastante importante que os resíduos da construção civil sejam separados ainda no canteiro de obras, garantindo que o entulho que chega à estação de reciclagem de resíduos da construção civil seja apenas aquele que não pode ser usado para outro fim. Ou seja, os únicos resíduos que devem chegar à estação de reciclagem são restos de concreto, cimento, argamassa, gesso, resíduos de demolição como tijolos e material misturado (concreto, metais, tintas aplicadas em parede), cerâmicas, dentre outros.

Isto porque, nas estações de reciclagem, estes resíduos passarão por processos de britagem e moagem para servirem como “materiais de base e sub-base de rodovias,

agregado graúdo na execução de estruturas de edifícios, em obras de arte de concreto armado e em peças pré-moldadas” (MONTEIRO *et al.*, 2001).

Com isso, é importante que as pessoas responsáveis pela limpeza do canteiro de obras (serventes no geral) recebam treinamento para separar os resíduos logo quando são gerados, e que os canteiros de obras possuam locais específicos para a colocação de cada tipo de material evitando que se misturem e que se contaminem.

Outros tipos de resíduos muito comuns em obras são latões de tintas, papelão, componentes metálicos (como perfis de alumínio, arames), plásticos (como tubos de PVC), isopor, pedaços de madeiras, e outros. Cada um destes tipos de materiais tem destinações específicas e medidas de segurança a serem adotadas, principalmente se estes materiais forem inflamáveis, como o isopor.

## **7.2 Coleta Seletiva**

Materiais que podem ser reciclados ou reutilizados, como papel, plástico, vidro, metal devem ser separados para terem sua destinação correta. Além destes materiais, é primordial que resíduos perigosos, como pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, cartuchos de tinta de impressora, óleo de cozinha, medicamentos vencidos e equipamentos eletrônicos, sejam separados e destinados a logística reversa.

Não só estes materiais devem ser separados, mas também resíduos orgânicos, como restos de comida e resíduos de poda de jardim para serem destinados a compostagem ou a biodigestores. E mais, os rejeitos, fraldas, curativos e demais resíduos que não podem ser reciclados, compostados ou destinados a logística reversa, devem ser separados para correta disposição.

Tendo isto em vista, é de grande valia que os projetos de edificações contemplem espaços destinados a coleta seletiva de todos estes resíduos acima citados. Estes projetos devem propor ideias e soluções, se possível inovadoras, para incentivar a separação dos resíduos sólidos e do óleo de cozinha.

É interessante que as áreas destinadas a coleta seletiva contenham recipientes para armazenar os resíduos separados. Ajuda muito na qualidade da separação se os recipientes forem transparentes, permitindo que os moradores visualizem o que tem dentro, impedindo que eles juntem resíduos de categorias diferentes. Além disso, é relevante que cada recipiente possua pôsteres informativos, indicando o que pode e o que não pode ser reciclado. A Figura 7.5 exemplifica os recipientes para recolher pilhas e baterias e a Figura 7.6 exemplifica os recipientes transparentes para auxiliar na separação dos resíduos.



Figura 7.5: Exemplo de lixeiras de recolhimento de pilhas e baterias.  
Fonte: Straight Ltd (2017).



Figura 7.6: Exemplos de lixeiras de coleta seletiva transparentes, para facilitar a correta separação.  
Fonte: Glasdon e RecyclingBins (2018).

Conforme Monteiro *et al.* (2001), a reciclagem fornece diversas vantagens à sociedade:

- a) Preservação de recursos naturais;
- b) Economia de energia;
- c) Economia de transporte, ao reduzir os materiais destinados a aterros sanitários;
- d) Geração de emprego e renda;
- e) Conscientização da população para as questões ambientais;
- f) Possibilidade de geração de renda para o condomínio, a partir da venda dos

materiais.

Ainda segundo o autor,

O material reciclável que se encontra misturado com o lixo domiciliar pode ser separado em uma usina de reciclagem através de processos manuais e eletromecânicos, conseguindo-se em geral uma eficiência de apenas 3 a 6% em peso, dependendo do tamanho e do grau de sofisticação tecnológica da usina.

Com vista a esta baixíssima eficiência de separação nas usinas de reciclagem, que acarreta em materiais em pleno ciclo de vida serem destinados a aterros sanitários, é de extrema valia realizar a coleta seletiva.

### **7.3 Compostagem**

Os resíduos orgânicos (restos de comida, podas de jardim, guardanapos) separados a partir da coleta seletiva devem, preferencialmente, ser encaminhados para a compostagem. De acordo com Monteiro *et al.* (2001),

Define-se compostagem como o processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos (aqueles que possuem carbono em sua estrutura), de origem animal e vegetal, pela ação de microrganismos. Para que ele ocorra não é necessário a adição de qualquer componente físico ou químico à massa do lixo.

Existem dois tipos de compostagem, a anaeróbica, sem presença de oxigênio, e a aeróbica, com presença de oxigênio. A compostagem aeróbica é mais eficiente e mais rápida e emite odores menos intensos do que a anaeróbica.

Além disso, ela resulta em um produto final muito rico em nutrientes e que possui valor comercial, que é o húmus. O uso de húmus na agricultura, na jardinagem, no reflorestamento e na recuperação de áreas degradadas é de grande interesse, pois ele fecha o ciclo dos nutrientes, retornando nutrientes que foram captados dos solos pelas plantas e que seriam desperdiçados em aterros sanitários. Para Monteiro *et al.* (2001),

Húmus é a matéria orgânica homogênea, totalmente bioestabilizada, de cor escura e rica em partículas coloidais que, quando aplicada ao solo, melhora suas características físicas para uso agrícola. Ele torna o solo poroso, permitindo a aeração das raízes, retenção de água e dos nutrientes. Os nutrientes minerais podem chegar a 6% em peso do composto e incluem o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e ferro, que são absorvidos pelas raízes das plantas.

Três fases compõem o processo de compostagem: a termofílica, a bioestabilização e a maturação.

a) Termofílica: o processo inicia à temperatura ambiente, e, à medida que a atividade microbiana começa a agir e se intensificar, a temperatura da massa orgânica começa a aumentar, podendo atingir 55-60°C. Nesta fase, ocorre a eliminação de patógenos e de sementes de ervas daninhas, porque elas não sobrevivem a temperaturas acima de 55°C por mais de 24 horas.

b) Bioestabilização: após o aquecimento ocorrido na 1ª fase, a massa orgânica começa a esfriar, estabilizando-se na temperatura ambiente. Esta fase dura cerca de 60 dias nos casos de compostagem natural. Ao seu fim, o composto já pode ser usado, mas não apresenta as características ótimas.

c) Maturação: passado o período de bioestabilização, a matéria orgânica agora é humificada e mineralizada, atingindo as propriedades ótimas. Este processo dura mais 30 dias.

Para as composteiras domésticas, alguns resíduos orgânicos não devem ser utilizados na compostagem, conforme é apresentado no Quadro 7.1.

Quadro 7.1: Resíduos orgânicos que devem ser evitados em composteiras domésticas.  
Fonte: USA EPA (2018).

<b>Resíduo</b>	<b>Motivo</b>
Derivados do leite*	Cria problemas de odor e atrai pestes, como roedores e moscas.
Ovos*	Cria problemas de odor e atrai pestes, como roedores e moscas.
Folhas e galhos de mogno	Solta substâncias que podem ser prejudiciais às plantas.
Gordura, óleo, banha e graxas*	Cria problemas de odor e atrai pestes, como roedores e moscas.
Restos e ossos de carne e peixe*	Cria problemas de odor e atrai pestes, como roedores e moscas.
Material fecal dos animais de estimação*	Pode conter parasitas, bactérias, germes, patógenos e vírus perigosos aos humanos.
Poda de jardim que contenhas pesticidas químicos	Pode matar microrganismos benéficos para o processo de compostagem.
Cinzas de carvão	Pode conter substâncias perigosas às plantas.
* Conferir se as usinas de compostagem municipais aceitam estes resíduos.	

Existem dois tipos de classificação dos resíduos orgânicos: resíduos verdes e resíduos marrons.

Os resíduos verdes fornecem nitrogênio ao sistema e, comumente, possuem alta umidade (“molhados”) e são coloridos. Estes resíduos são restos de alimentos, poda de grama, estrume fresco e resíduos de limpeza de jardim.

Os resíduos marrons fornecem carbono ao sistema e possuem baixa umidade (“secos”), sendo, por isso, usados para absorver excesso de umidade. Eles promovem energia, dão resistência estrutural à pilha de compostagem, ajudam a manter a porosidade correta, facilitam o fluxo de ar e previne a compactação da pilha. Pertencem a esta classificação, folhas marrons, palha, guardanapo sujo, papelão, serragem e lascas de madeira.

O equilíbrio entre as quantidades de resíduos verdes e marrons garante que a compostagem será feita de forma aeróbica, impede que a pilha produza odores inconvenientes e que atraia roedores e insetos.

### 7.3.1 Localização e Volume da Composteira

As composteiras devem ter pelo menos 1 m<sup>3</sup> de volume para poderem ser autoisolantes e reterem o calor do processo de decomposição. Elas devem estar posicionadas em áreas com boa drenagem e sombreadas em ambientes de clima mais quente para impedir que a pilha perca muita umidade.

É possível construir uma composteira com diversos materiais, como pallets, cimento, cercas, plástico e metal. O ideal é que o fundo tenha pelo menos 1 m por 1 m e que as laterais tenham a maior altura possível, desde que mantenha o conforto de manuseá-la. A Figura 7.7 apresenta exemplos de composteira doméstica.



Figura 7.7: Exemplos de composteiras domésticas.  
Fonte: Schwarz e Bonhotal (2011).

Lascas de madeira ou pallets podem ser colocados no chão como uma base para ajudar a manter o fluxo de ar passando pelo fundo da pilha, ou pode-se fazer uso de vários caules e galhos em cruz com altura de 15-20 cm antes de colocar os resíduos verdes. Cobrir a pilha com resíduos marrons ao final da colocação dos resíduos orgânicos, ajuda a manter insetos e ratos longe e serve como um filtro contra odor.

### 7.3.2 Utilização da Composteira

Deve-se preparar os resíduos antes de coloca-los na composteira. Resíduos muito grandes devem ser triturados. Isto deve ser feito para acelerar o processo, pois partículas menores possuem maior contato com o oxigênio, decompondo mais rápido. Porém, as partículas não devem ser muito pequenas, porque podem facilitar a compactação da pilha, dificultando a aeração.

Para colocar os resíduos na composteira, deve-se começar com uma grossa camada de resíduos marrons dispostos em contato com o solo. Depois, deve-se fazer uma depressão na camada de resíduos marrons e colocar os resíduos verdes nela, garantindo que nas bordas tenha apenas resíduos marrons. A seguir, recomenda-se cobrir os resíduos verdes com uma outra camada grossa de resíduos marrons, de forma a esconder todos os verdes. Deve-se continuar fazendo este processo de camadas até que a pilha atinja de 1 a 2 m de altura.

Para garantir boas condições para os microrganismos realizarem a decomposição, é importante realizar o teste de mão (Figura 7.8). Neste teste, deve-se, primeiro sentir se o material é úmido ao toque, se for, deve-se pegar com a mão uma boa quantidade de material e apertá-la, o material deve estar seco o suficiente para só sair umas duas gotas de líquido por entre os dedos.

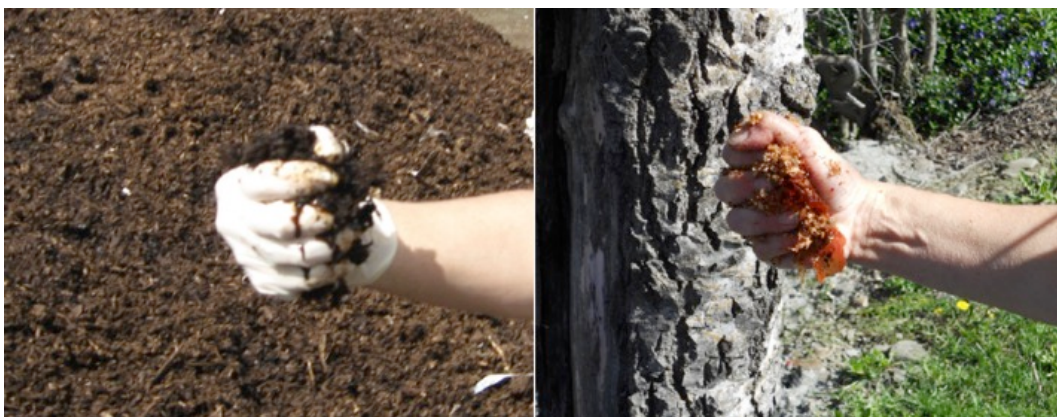


Figura 7.8: Teste de mão para verificar a umidade do material.  
Fonte: Schwarz e Bonhotal (2011).



Quadro 7.2: Problemas corriqueiros em composteiras e soluções.

Fonte: Schwarz e Bonhotal (2011).

Sintoma	Problema	Solução
A pilha está úmida e cheira a vinagre, ovos pobres, manteiga rançosa	Não tem ar suficiente	Revire a pilha.
	Muito nitrogênio	Misture palha, serragem ou lascas de madeira.
	Muito úmida	Revire a pilha, misture palha, serragem ou lascas de madeira, proporcione drenagem.
A pilha não aquece	Pilha é muito pequena	Aumenta a pilha ou isole-a
	Pilha está muito seca	Acrescente água enquanto revira.
A pilha está úmida e o odor é doce, mas não aquece	Falta nitrogênio	Misture resto de comida, pode de gram ou outros resíduos verdes.
A pilha está atraindo animais	Derivados de leite ou carne foram acrescentados	Mantenha derivados de leite e carne longe da pilha, cubra-a com tela
	Restos de comida não estão bem cobertos	Cubra comida com resíduos marrons como lascas de madeira ou compostos finalizados.

## 8 ÁREAS VERDES

O ser humano tem uma forte ligação com a natureza. Apesar dele muitas vezes se esquecer que faz parte do meio ambiente, bem como todos os outros animais, ele depende necessariamente de todas as relações com a natureza, seja para se alimentar, seja para manter seu equilíbrio mental e corporal.

Edward Wilson em seu livro, “A hipótese da biofilia” de 1984, revela que o ser humano tem um grande apreço pela natureza e por tudo que é vivo. Segundo sua teoria, ao longo de toda a evolução humana, o ser humano foi programado, em seu DNA, para amar tudo o que é vivo, daí a origem da palavra biofilia, bios – vida, philia – amor.

O professor Roger Ulrich do Centro de Design de Saúde (*The Center for Health Design*, Califórnia – EUA) comparou, em 1984, a recuperação de dois grupos de pacientes. O primeiro ficou internado em quartos cujas janelas tinham vista para árvores, enquanto que o segundo grupo ficou internado em quartos com vista para uma parede de tijolos. Os resultados mostraram que os pacientes do primeiro grupo tiveram uma recuperação mais rápida, tomaram menos analgésicos, ou pelo menos mais fracos, e tiveram menores complicações pós-cirúrgicas do que aqueles do segundo grupo (O Globo, 2013).

De acordo com o codiretor do Centro para Meio Ambiente e Saúde da Universidade de Chiba, no Japão, Yoshifumi Miyazaki, a natureza tem um papel fundamental no bem-estar humano, à medida que seu corpo foi feito para se adaptar a ela, estando essencialmente ligados (O Globo, 2013).

Segundo suas pesquisas, caminhar em ambientes naturais trazem inúmeros benefícios à saúde humana. Ele observou que os indivíduos que caminharam durante dois dias em uma floresta tiveram um aumento de 56% do número de seus glóbulos brancos, dentre os quais muitos permaneceram no organismo durante um mês após o retorno à vida urbana. A partir destes dados, o Japão passou a destinar diversos locais

para a prática da Terapia de Florestas, ou *shinrin-yoku*, que é a prática de caminhadas para reduzir o estresse (O Globo, 2013).

A pesquisadora Jolanda Maas, do Centro Médico Universitário de Amsterdã, analisou 350 mil pessoas para demonstrar os benefícios de se viver próximo à natureza. Seus estudos mostraram que pessoas que vivem mais afastadas de áreas verdes apresentam 15 de 24 doenças estudadas e possuem 21% a mais de probabilidade de desenvolver problemas mentais (O Globo, 2013).

Em uma outra pesquisa, que durou 17 anos, Mathew White, da Universidade de Exeter, no Reino Unido, observou 10 mil pessoas e chegou à conclusão que pessoas que vivem próximas a áreas verdes tem maior qualidade de vida e menos problemas psicológicos (O Globo, 2013).

No estudo *Funding Trees for Health: An Analysis of Finance and Policy Actions to Enable Tree Planting for Public Health* (Financiando Árvores para Saúde: Uma Análise Financeira e de Ações Políticas para Permitir o Plantio de Árvores para Saúde Pública) (MCDONALD *et al.*, 2017), os autores apresentam diversos benefícios à população e à sociedade pelo plantio de árvores em espaços urbanos (Figura 8.1).

Segundo os autores, as árvores ajudam a regular a qualidade e a quantidade de água, bem como ajudam a reduzir o tempo que a água das chuvas leva para chegar até o chão, reduzindo enchentes e erosão; elas ajudam a limpar e resfriar o ar, reduzindo as concentrações de poluentes nocivos (principalmente material particulado), ao agir como filtros naturais; elas trazem beleza às ruas e vizinhanças, aumentando a qualidade de vida das pessoas e aumentando o preço das propriedades das regiões arborizadas.

Além disso tudo, as árvores também servem de abrigo para diversos animais, insetos e microrganismos, auxiliando e até mesmo incrementando a biodiversidade local. E ainda, elas ajudam a sequestrar gás carbônico atmosférico, contribuindo para a redução das mudanças climáticas.

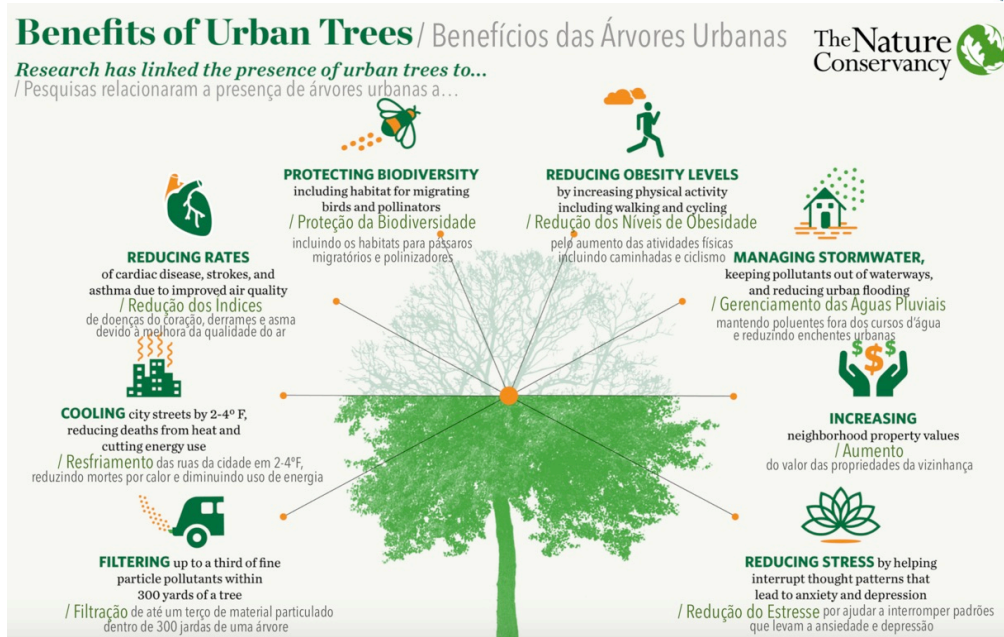


Figura 8.1: Benefícios das árvores urbanas.  
 Fonte: *The Nature Conservancy* (2018).

Com todas estas vantagens, estima-se que a cada 1 dólar gasto com árvores, 2,52 dólares são ganhos em benefícios, assumindo que, por árvore, os custos de manutenção são de 19 dólares ao ano e os benefícios anuais são de 47,83 dólares (MCPHERSON *et al.*, 2017).

Calcula-se (MCPHERSON *et al.*, 2015) que as árvores urbanas na Califórnia, por exemplo, rendam 1 bilhão de dólares em benefícios para a cidade, estando distribuídos em cinco categorias dispostas na Figura 8.2. Sendo a maior parte dos rendimentos destinada à valorização imobiliária (83%).

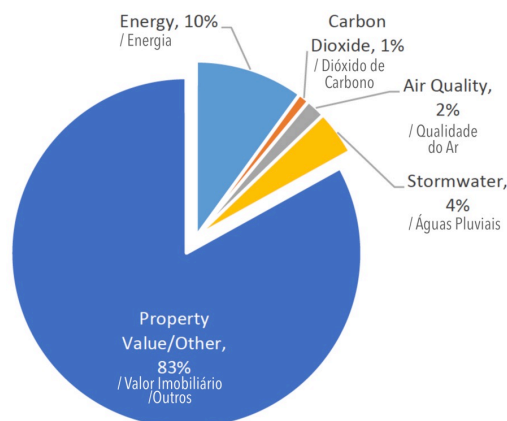


Figura 8.2: Distribuição de US\$ 1 bilhão em benefícios anuais oriundos das árvores urbanas da Califórnia.  
 Fonte: MCPHERSON *et al.* (2015).

Outras vantagens oriundas das árvores são: a redução dos índices de câncer de pele, devido ao aumento de sombras, que bloqueiam os raios UV; a redução nos níveis de barulho em 50% e a produção de alimentos, como frutas e nozes (Figura 8.3).

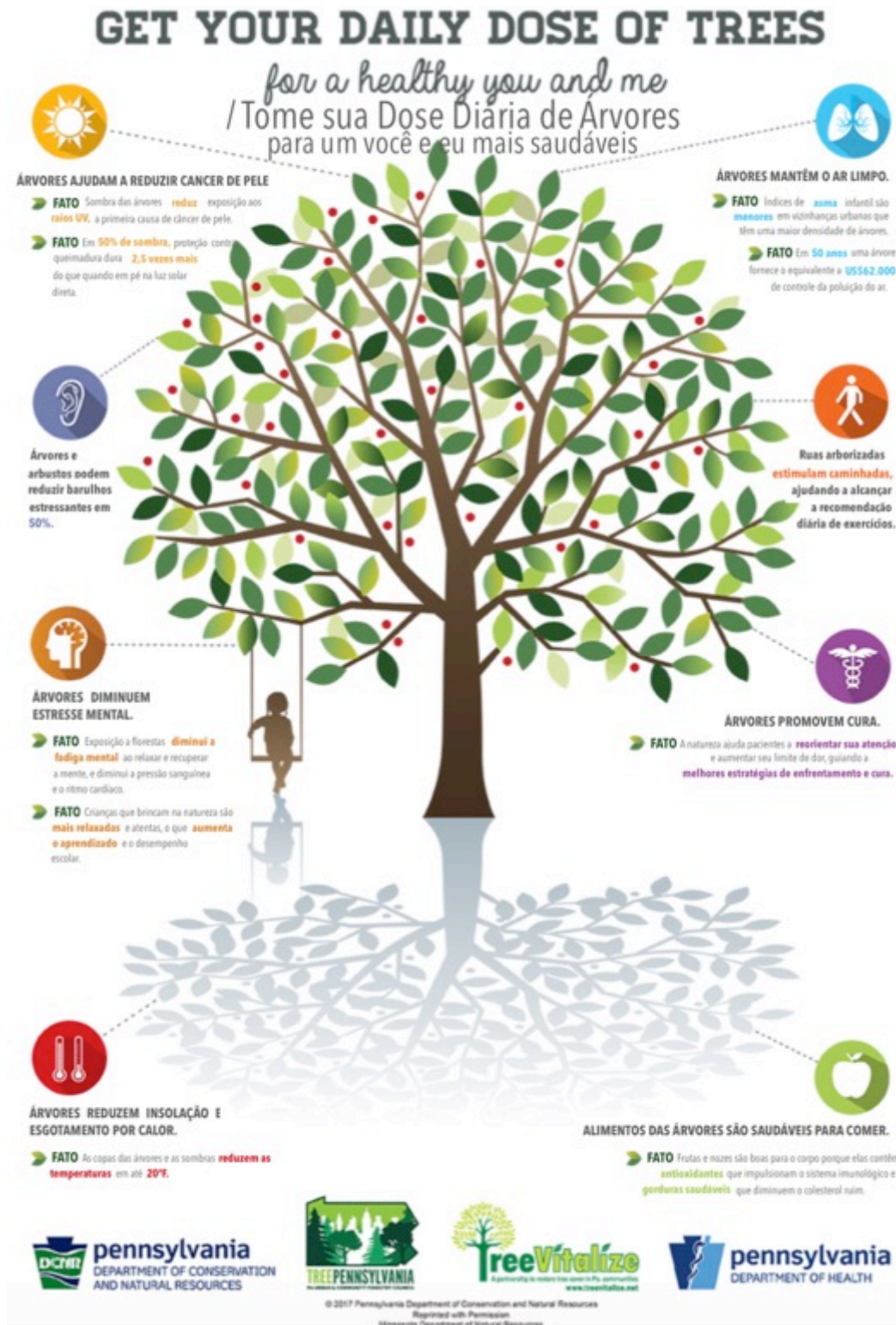


Figura 8.3: Benefícios da exposição diária a árvores.  
Fonte: Site Tree Pennsylvania (2017, traduzido).

Além de todas as vantagens citadas anteriormente, talvez uma das mais importantes de se promover o aumento de áreas verdes nas cidades seja evitar a extinção das abelhas.

As abelhas são um dos insetos mais importantes de toda a natureza. Muitos pensam que elas só são importantes para a produção de mel e cera de abelha, mas, elas são essenciais para a manutenção de toda a vida na Terra.

Conforme o site *Australian Academy of Science* (2018),

Elas desempenham o maior papel na polinização de plantas e culturas agrícolas e são extremamente importantes comercialmente para práticas agrícolas mundo afora. Este é um serviço essencial – sem a polinização, a vida no planeta seria bem diferente e provavelmente muito menos diversa. Estima-se que um terço da produção global de alimentos precisa de polinização animal e que 80-90% deste papel é desempenhado pelas abelhas.

O Quadro 8.1 mostra alguns exemplos de cultivo que dependem da polinização feita por abelhas para serem produtivos, mais atraentes e durarem mais.

Quadro 8.1: Dependência de abelhas para polinização para alguns cultivos.  
Fonte: *Australian Academy of Science* (2018).

A selection of crops that rely on honeybees for pollination	Plants, fruits and crops / Plantas, frutas e cultivos	Reliance on honeybees for pollination / Dependência de abelhas para polinização
/ Seleção de cultivos que dependem das abelhas para polinização	Avocado, almond, onion, sunflower / Abacate, amêndoas, cebola e girassol	100%
	Cucumber, mango, apple, asparagus, cherry, kiwifruit, rock melon, pumpkin / Pepino, manga, maçã, aspargos, cereja, kiwi, melão cantalupo e abóbora	90%
	Apricot, watermelon, other melon, plum / Damasco, melancia, outros melões e ameixa	70%
	Peach, nectarine / Pêssego, nectarina	60%
	Pear / Pêra	50%
	Orange, canola / Laranja, canola	30%
	Cotton / Algodão	20%
	Grapes, tomato / Uva, tomate	10%

Segundo dados do vídeo *A Morte das Abelhas Explicada – Parasitas, Veneno e Humanos* (Site Kurzgesagt.org, 2015), estima-se que o impacto econômico das abelhas seja cerca de 265 bilhões de dólares. Entretanto, as abelhas estão desaparecendo.

Ainda segundo o vídeo, apicultores ao redor do mundo têm percebido uma redução anual de 30-90% na quantidade de abelhas em suas colônias. Este fenômeno é

conhecido desde 2006 como Distúrbio do Colapso das Colônias (*Colony Collapse Disorder*) e tem afetado colônias de abelhas no mundo todo.



Figura 8.4: Morte em massa de abelhas.  
Fonte: *Australian Academy of Science* (2018).

Pelo site da *Australian Academy of Science* (2018), as causas para este fenômeno, “no qual a maioria das abelhas operárias de uma colônia desaparece, deixando para trás muita comida e algumas abelhas enfermeiras para cuidar da abelha rainha e das abelhas bebês restantes”, ainda não é muito bem compreendido pelos cientistas.

Muitos pesquisadores, e aproximadamente 3000 artigos científicos, acreditam que as causas principais deste fenômeno sejam: uso de pesticidas (sobretudo o Neonicotinóides), poluição, uso de organismos geneticamente modificados, agricultura intensiva e monoculturas, mudanças climáticas, além dos diferentes parasitas que atacam as abelhas, como vírus, bactérias e fungos, sendo os principais a *Varroa destructor* (ácaro ectoparasita) e a *Acarapis woodi* (ácaro traqueal). É possível também incluir nesta lista o desmatamento e o aumento de áreas urbanas.

Para reverter este quadro desastroso, é essencial que os ambientes urbanos desenvolvam mais áreas verdes, como jardins e telhados verdes. Para isto é muito interessante seguir orientações para tornar estes espaços atrativos para as abelhas.

## 8.1 Jardim

Tendo em vista todos os argumentos apresentados anteriormente, os projetos de edifícios, de forma geral, devem contemplar locais destinados a jardins.

As áreas em frente aos edifícios são ideais, pois valorizam as entradas dos prédios e fornecem uma boa aparência para as pessoas que passam pelas calçadas. As áreas destinadas à recreação, como PUC (pavimento de uso comum), também são bons locais para desenvolver projetos paisagísticos com jardins.

Na fase de projeto, é importante considerar o tamanho a ser destinado aos jardins e quais espécies de plantas serão utilizadas. Deve-se também ter em mente se abaixo do jardim existirá alguma estrutura a ser construída, como garagem ou outros ambientes, pois isto inviabiliza alguns tipos de árvores, já que algumas espécies possuem raízes muito profundas, que podem acarretar em problemas estruturais e podem danificar as impermeabilizações feitas.

Caso seja possível, o ideal é que não haja áreas construídas abaixo do jardim, pois isto evita a necessidade de impermeabilização do terreno, permitindo que a água infiltre pelo solo e chegue ao lençol freático. Não sendo possível, deve-se fazer um projeto bastante cuidadoso prevendo camadas de impermeabilização, drenagem, captação de água e proteção contra raízes.

Visando que estes jardins sejam atrativos às abelhas, o site *Honeybee Conservancy* (sem data) é uma boa referência para desenvolver estes projetos, pois ele fornece diversos conselhos de espécies de flores e outras práticas.

Existem diversas ervas e flores que ajudam a atrair abelhas, como coentro, tomilho, girassol, calêndula, lavanda, erva-doce, papoula, alecrim, erva-cidreira, violetas e inúmeras outras, como as apresentadas na Figura 8.5.

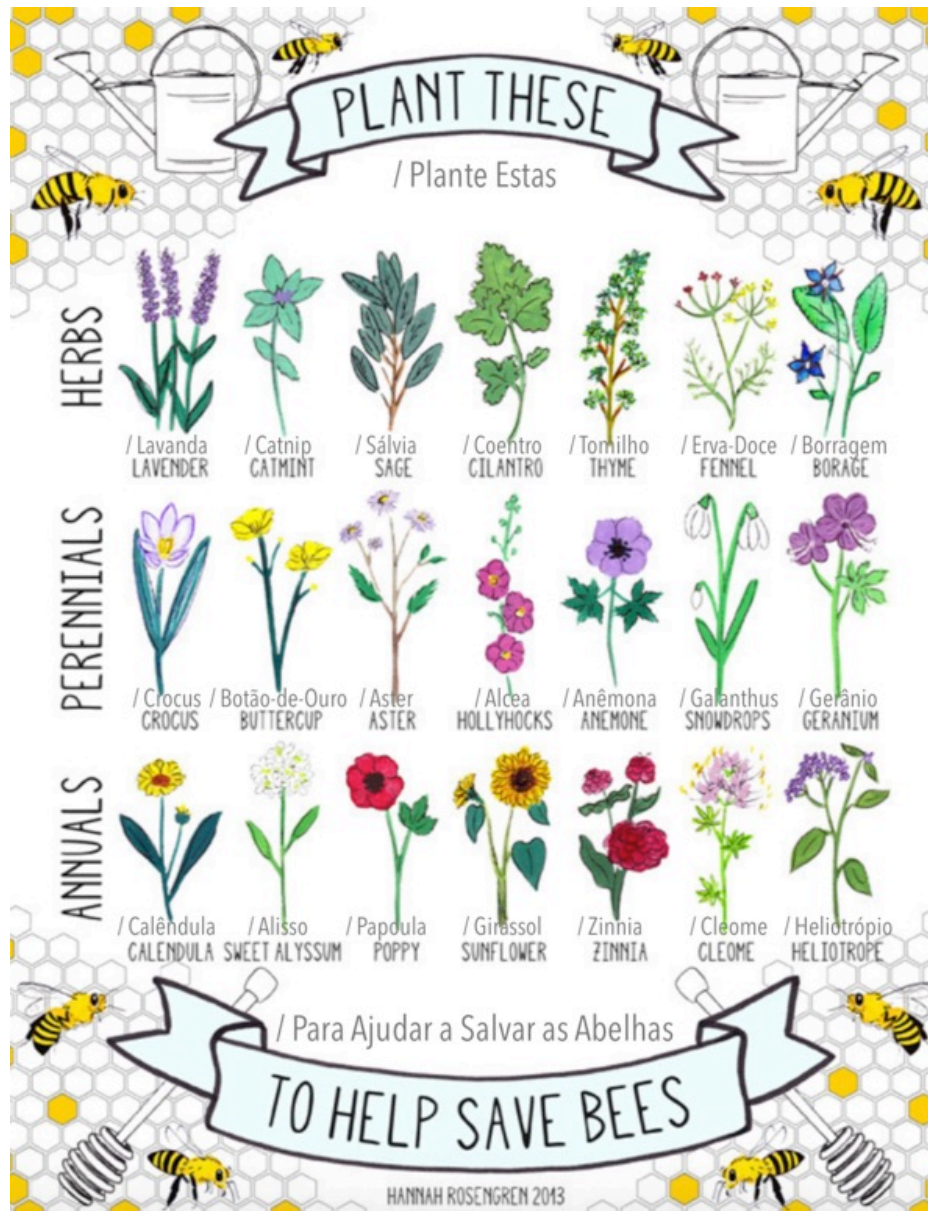


Figura 8.5: Ervas e plantas que atraem abelhas.  
 Fonte: Hannah Rosengren (2013).

Os jardins, bem como qualquer área cultivada, deve ter a maior diversidade de plantas possíveis, pois isto evita a necessidade do uso de pesticidas para evitar pragas, já que, em um ecossistema em equilíbrio, as diversas plantas presentes atraem diferentes insetos, bactérias e fungos, que vivem em harmonia entre si e se equilibram por meio de uma cadeia alimentar bem estruturada (equilíbrio ecológico).

Algumas flores e ervas, devido ao forte aroma que dispersam, como o cravo, a hortelã, o tomilho, o alecrim e a canela, também auxiliam para evitar infestação de insetos.

## 8.2 Telhado Verde + Horta

Os telhados verdes começaram a se desenvolver no final dos anos 70 na Alemanha através de duas vertentes bem diferentes: de um lado, pesquisas técnicas começaram a se desenvolver buscando avaliar as vantagens ecológicas da implementação dos telhados verdes, de outro lado, a população começou a buscar soluções para a falta de espaços verdes nas cidades, criando jardins em paredes e calçadas e reduzindo áreas revestidas (SCHL, 2006).

A vertente dos pesquisadores foi inspirada pela presença de vegetação que surgia naturalmente nos telhados dos prédios, que continham cascalho, areia e alcatrão, para diminuir os riscos de incêndio (SCHL, 2006). Desta vertente surgiu, em 1975, a FLL (*Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V* – Sociedade de Pesquisa sobre Estudo e Desenvolvimento de Paisagem), cujas diretrizes técnicas sobre concepção, construção e manutenção dos telhados verdes se tornaram referências mundiais e são amplamente citadas.

Existem quatro tipos de telhados verdes: extensivo, biodiverso, semi-intensivo e intensivo (GRO, 2011). Segundo o Código para Telhados Verdes da Organização de Telhados Verdes (GRO, 2011),

O extensivo serve como uma cobertura ecológica que promove à sociedade benefícios ambientais e ao proprietário do prédio benefícios de custo ao longo do ciclo de vida. É um sistema leve e com baixa manutenção, tipicamente faz uso de suculentas ou outras espécies de plantas resistentes em um substrato pouco espesso (< 100 mm) e com poucos nutrientes. Irrigação normalmente não é necessária.

O biodiverso é similar em composição ao extensivo, mas desenvolvido especificamente para criar um habitat que irá atrair fauna e flora específicas, seja replicando a pegada original do prédio ou incrementando o habitat anterior. Esta categoria inclui um telhado marrom, que é uma versão não-vegetada. O meio de crescimento é propositalmente selecionado para permitir que as espécies de plantas indígenas habitem o telhado ao longo do tempo.

O semi-intensivo é um tipo de telhado verde intermediário que inclui características tanto do telhado extensivo quanto do intensivo. Tipicamente, requer profundidades de substrato entre 100 e 200 mm, uma maior variedade de plantas são incluídas, contendo arbustos e plantas lenhosas. Irrigação e manutenção dependem das espécies de plantas escolhidas.

O intensivo é comumente referido como jardim telhado, que promovem benefícios semelhantes ao de um parque urbano ou um jardim doméstico.

Desenvolvido inicialmente para uso recreativo, são tipicamente configurados com mais de 200 mm de substrato e costumam precisar de manutenção e irrigação regulares.

Além das vantagens que as áreas verdes promovem, os telhados verdes ainda fornecem benefícios financeiros, pois aumentam a vida útil da cobertura do telhado, já que a cobertura vegetal protege a estrutura das intempéries e dos raios UV, e porque reduzem custos de energia, já que as camadas da cobertura vegetal servem como isolante térmico, reduzindo os ganhos de calor da estrutura do prédio.

Antes de projetar um telhado verde, é prioritário definir qual é o objetivo de sua utilização, para poder especificar qual tipo de telhado será utilizado e depois poder decidir as especificações dos componentes das camadas do perfil de solo.

Quando se projeta um telhado verde, deve-se ter em mente cinco características importantíssimas para o seu desempenho: iluminação solar, umidade, drenagem, aeração do sistema radicular das plantas e nutrientes. Por isso, o sistema que compõe o telhado verde também contém cinco componentes.

### **8.2.1 Material Resistente a Raiz**

É um material que impede que as raízes e os rizomas das plantas alcancem as membranas de impermeabilização, para não as danificar. Este material pode ser uma barreira química ou simplesmente uma barreira física.

### **8.2.2 Camada de Retenção de Umidade**

É um tecido geotêxtil que possuem duas funções: a de proteger a membrana de impermeabilização durante a instalação do sistema e a de aumentar a capacidade de retenção de água do sistema. Este tecido pode ter diferentes espessuras desde 2 mm até 12 mm, dependendo do tipo de telhado verde que se deseja ter.

### **8.2.3 Camada de Drenagem**

Esta camada pode ser feita com diferentes tipos de material: plástico, poliestireno, espuma, cascalho grosso ou até tijolo reciclado quebrado. Ela permite que o excesso de

água seja drenado, impedindo que o solo fique encharcado e prejudique o desenvolvimento das plantas. Alguns tipos desta camada podem conter um reservatório de água para armazená-la para os períodos de seca.

#### **8.2.4 Camada Filtrante**

Esta camada impede que sedimentos de solo, matéria orgânica e outros materiais finos percolem pelas camadas do telhado verde e entupam a camada de drenagem. Normalmente, esta camada filtrante é feita por geotêxtil, por possuir espessura menor do que filtros convencionais.

#### **8.2.5 Meio de Crescimento**

Esta camada é aquela na qual as plantas irão se desenvolver e crescer. Ela precisa ter a quantidade certa de nutrientes necessários para o tipo de plantas escolhidas, contendo uma relação específica entre material orgânico e inorgânico. Ela também deve permitir que a quantidade ideal de ar e água chegue até o sistema radicular das plantas e que a água em excesso possa escoar até a camada drenante.

Este meio de crescimento deve conter algumas características específicas. Ele deve ser leve, resistente à erosão eólica e pluvial, livre de ervas daninhas e pragas, ter permeabilidade compatível, boa aeração e resistência à compactação.

Quadro 8.2: Valores de referência para telhados verdes extensivos e intensivos.  
Fonte: GRO (2011).

Properties / Propriedades	Reference Values / Valores de Referência	
	Extensive / Extensivo	Intensive / Intensivo
<b>Depth</b> / Profundidade	Minimum 80 mm (see note 1) / Mínimo de 80 mm	Typical $\geq$ 200 mm / Tipicamente $\geq$ 200 mm
<b>Porosity</b> / Porosidade	-	-
<b>Pore-size Distribution:</b> / Distribuição do Tamanho dos Poros		
<b>d <math>\leq</math> 0.063 mm</b>	$\leq$ 15% (by mass) (por massa)	$\leq$ 20% (by mass) (por massa)
<b>d <math>\geq</math> 4.0 mm</b>	$\leq$ 50% (by mass) (por massa)	$\leq$ 40% (by mass) (por massa)
<b>Maximum Water Holding Capacity (MWHC)</b> / Máxima Capacidade de Retenção de Água	$\geq$ 25% $\leq$ 65% (by volume) (por volume)	$\geq$ 45% (by volume) (por volume)
<b>Air Content at MWHC</b> / Conteúdo de Ar	$\geq$ 10% (by volume) (por volume)	$\geq$ 10% (by volume) (por volume)
<b>Water permeability</b> / Permeabilidade à Água	0.6 – 70 mm/min	0.3 - 30 mm/min
<b>pH value</b> / Valor do pH	6.0 – 8.5	6.0 - 8.5
<b>Organic content</b> / Conteúdo Orgânico	$\leq$ 65 g/l	$\leq$ 90 g/l

A forma mais eficiente e que traz maiores benefícios aos habitantes do edifício é projetar telhados verdes intensivos. Mais além, o ideal é que estes telhados verdes sejam projetados para comportar hortas ou até mesmo fazendas urbanas.

Em Nova York, muitas fazendas urbanas estão surgindo, como a *Gotham Greens*, *Brooklyn Grange*, *BrightFarms* e a *Eagle Street Rooftop Farm*.

Além de todas as vantagens já conhecidas, aliar o telhado verde com o cultivo de hortas ainda traz o benefício de produzir localmente a própria comida, de forma sustentável, ecológica e orgânica, além de propiciar às crianças a chance de conhecer intensamente os alimentos, se alimentar melhor e de forma mais saudável e ter a oportunidade de saber cultivar seu próprio alimento e de aumentar a sua ligação com a natureza.

A *Eagle Street Rooftop Farm* (Figura 8.6) no Brooklyn na cidade de Nova York, Estados Unidos, é um excelente exemplo de fazenda urbana orgânica em telhado verde. A fazenda possui cerca de 557 m<sup>2</sup> (6000 sq ft) e cultiva diversos tipos de legumes, frutas, verduras e ainda cria galinhas e abelhas.



Figura 8.6: Fazenda urbana desenvolvida em telhado verde no Brooklyn – EUA.  
Fonte: *Eagle Street Rooftop Farm* (2018).

Assim como foi indicado para os jardins, é ideal que os cultivos nos telhados verdes sejam os mais diversificados possível para desenvolver um equilíbrio ecológico e evitar o uso de fertilizantes e pesticidas e para desenvolver a biodiversidade local.

É muito interessante também destinar um local para fazer compostagem, criando um adubo natural e retornando os nutrientes extraídos do solo para ele próprio.

Porém, para os telhados verdes se tornarem mais viáveis e mais úteis, a legislação precisa mudar. Hoje em dia, existe os conceitos de área total edificável e de altura máxima da edificação. Estes dois conceitos são muito importantes para evitar problemas de sombreamento em praias e em outros edifícios, dentre outras razões.

Entretanto, estes requisitos impedem que os telhados verdes sejam utilizados pelos moradores, pois, se for uma área utilizável, que tem acesso aos moradores, ela passa a ser considerada como pavimento, o que reduz o número de pavimentos vendíveis, o que não é interessante para os empreendedores. Por isso, atualmente, quando um empreendimento tem telhado verde, ele não pode ser utilizado pelos moradores, o que não é nada interessante, já que metade das vantagens que os telhados verdes oferecem passam a não ser aproveitadas.

Assim, é importante que a legislação mude para poder atender a uma nova demanda da população. Seria interessante que, para o caso de telhados verdes intensivos, este pavimento não entraria na conta da altura máxima das edificações.

## 9 ESPAÇOS DE COWORKING

O mundo se moderniza, a tecnologia avança, a Internet encurta as distâncias e conecta o globo, as relações interpessoais mudam e o trabalho não poderia ser diferente.

Com o advento da Terceira Revolução Industrial, a obrigatoriedade de trabalhar em um local fixo e convencional perdeu sentido, e o trabalho, que era definido pela ida até um estabelecimento fixo (escritório, indústria) para que a equipe de funcionários pudesse criar novas ideias, trocar conhecimento, trabalhar em equipe, deu lugar a uma nova definição, na qual trabalho passa a ser um conjunto de tarefas que devem ser cumpridas no prazo determinado e com a qualidade necessária.

A partir desta nova definição, o trabalho tem se flexibilizado e, para muitos empregadores, não importa mais onde o funcionário trabalha, se é em casa, em um café, em outra cidade, ou até mesmo em outro país, nem durante quantas horas ele desempenha sua função ou se ele trabalha em um horário diferente do comercial, desde que, no fim do mês (ou outra unidade de tempo), suas tarefas tenham sido concluídas e concluídas de forma exemplar.

A IWG (*International Workplace Group*) realizou uma pesquisa intitulada *The Workplace Revolution: Reaching the Tipping Point* (IWG, 2018), na qual foram entrevistados mais de 18.000 profissionais de diferentes setores em 96 países acerca da flexibilização do trabalho e dos espaços de trabalho flexíveis.

De acordo com este estudo, 70% das pessoas entrevistadas afirmaram trabalhar pelo menos uma vez por semana longe do local de trabalho, dentre as quais 51% costumam trabalhar em casa quando isto ocorre (Figura 9.1).

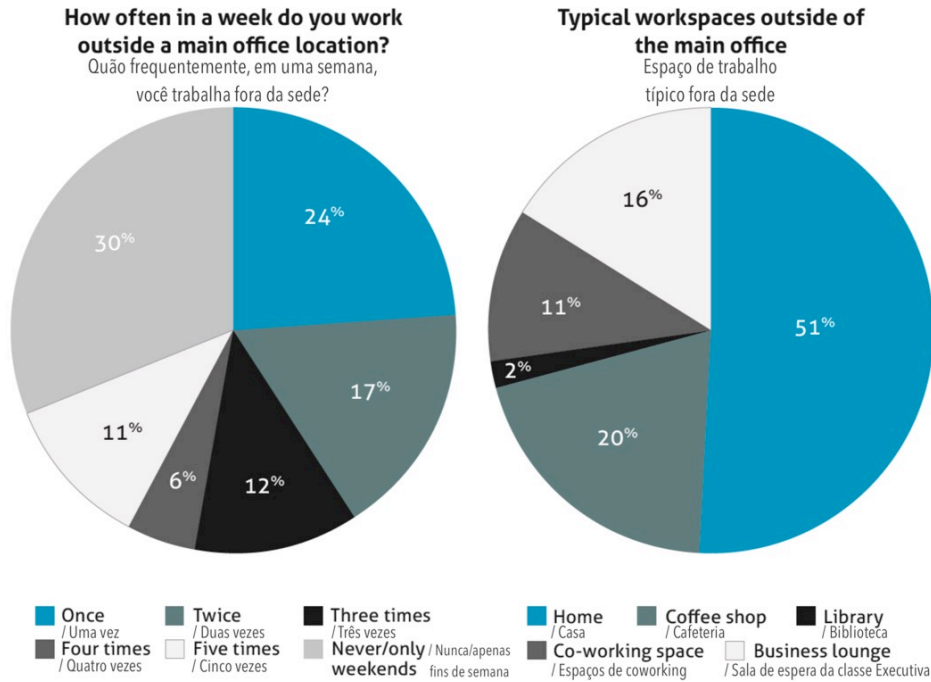


Figura 9.1: Frequência de trabalho fora do escritório (esquerda) e local de trabalho fora do escritório (direita).  
Fonte: IWG (2018).

Há três mudanças fundamentais que estão fazendo a flexibilização do trabalho aumentar rapidamente segundo o estudo *The Flexible Revolution: Insights into European Flexible Office Markets* (CBRE, 2017), que são a evolução tecnológica, fatores econômicos e transformações comportamentais.

Com relação à evolução tecnológica, o estudo destaca a possibilidade que o mundo digital e móvel proporcionou para o desenvolvimento de estratégias de flexibilização do trabalho, o aumento de aplicativos sob demanda e a importância crescente da colaboração.

Quanto aos fatores econômicos, a pesquisa ressalta o aumento de pequenas e médias empresas e de autônomos, elevação da economia empresarial e o crescimento mais acelerado das indústrias de conhecimento do que as de outros setores.

Já as transformações comportamentais estão ligadas ao fato de a flexibilização dos espaços de trabalho estarem atraindo e retendo talentos e estarem promovendo a

redução de custos, facilitando a agilidade do portfólio, e ao fato das empresas estarem seguindo o que startups líderes estão fazendo.

A flexibilização do trabalho promove diversos benefícios (Figura 9.2) para o trabalhador (IWG, 2018; NÉO NOMADE e ZEVILLAGE, 2017):

- a) Menor número de trajetos casa-trabalho;
- b) Economia de dinheiro;
- c) Aumento da qualidade de vida;
- d) Aumento da produtividade;
- e) Redução do estresse;
- f) Otimização do tempo;
- g) Melhoria do equilíbrio vida pessoal – vida profissional.

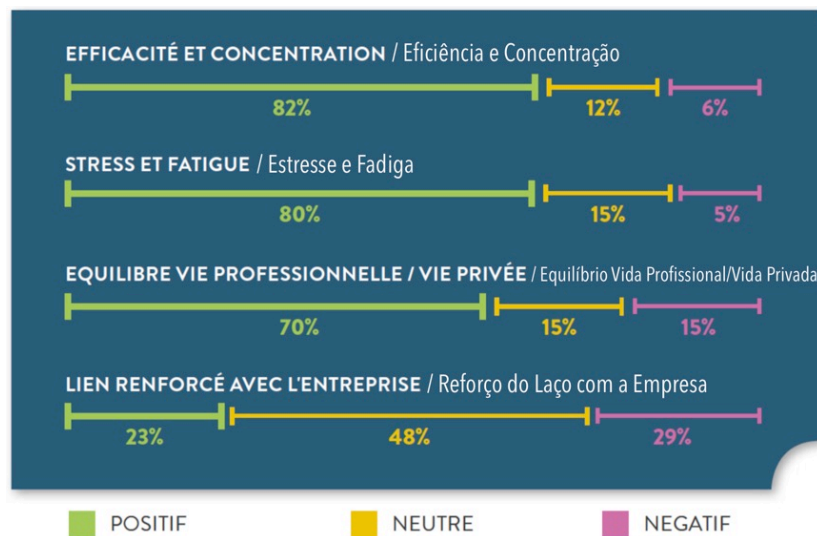


Figura 9.2: Benefícios do teletrabalho – percepção dos usuários.  
Fonte: Néó Nomade (2012).

Existem também diversos benefícios para as empresas que adotam a flexibilização (IWG, 2018; NÉO NOMADE e ZEVILLAGE, 2017):

- a) Melhora da qualidade de vida dos trabalhadores;
- b) Diminuição do absenteísmo;
- c) Redução dos índices de acidentes de trabalho relacionados ao deslocamento casa-trabalho;



- d) Aumento da produtividade dos funcionários;
- e) Aumento da satisfação dos trabalhadores;
- f) Facilidade em recrutar e manter talentos;
- g) Facilidade de ativar ou desativar serviços empresariais, com baixas penalidades econômicas;
- h) Manutenção da competitividade das empresas;
- i) Maximização de lucros e redução de custos;
- j) Crescimento da empresa;
- k) Aumento da satisfação dos funcionários e aumento da lealdade.

Outros benefícios também existem para a sociedade (NÉO NOMADE e ZEVILLAGE, 2017):

- a) Diminuição das emissões de GEE, como o CO<sub>2</sub>;
- b) Redução do trânsito nas grandes cidades, principalmente em horários de pico;
- c) Desafogamento dos meios públicos de transporte;
- d) Menor necessidade de investimento em infraestrutura;
- e) Maior disponibilidade de imóveis para outros fins em áreas centrais das cidades;
- f) Melhor qualidade de vida e menor estresse da população, promovendo saúde pública.

Entretanto, como a maioria das pessoas que tem seu trabalho flexibilizado trabalham em casa, algumas desvantagens/malefícios podem ocorrer (MOOC Travail Flexible, 2016):

- a) Isolamento;
- b) Sentimento de não reconhecimento do trabalho;
- c) Sentimento de não pertencimento à empresa;
- d) Estagnação do *networking*.

Por isso, muitos locais específicos para teletrabalho (trabalho flexível – realizado fora do escritório convencional) estão surgindo no mundo, locais estes que são comumente chamados de espaços de *coworking*.

No livro *Coworking: Les Nouveaux Bureaux de l'Enterprise* (NÉO NOMADE e ZEVILLAGE, 2017), espaços de *coworking* são classificados como terceiro lugar de trabalho, que se refere aos “ambientes sociais de trabalho que vieram depois do escritório e do *home office*”.

Há cinco valores fundamentais do *coworking* (NÉO NOMADE e ZEVILLAGE, 2017): durabilidade, coletividade, cooperação, abertura e acessibilidade.

Os espaços precisam ser duráveis, garantindo sua autonomia e autossuficiência para que não dependam de recursos externos; precisam garantir a coletividade e a cooperação, à medida que são a essência do projeto, para que ele cresça e para que as pessoas possam trocar tanto experiências profissionais quanto pessoais com as pessoas que o frequentam; e devem ser abertos e acessíveis para garantir que haja trocas interpessoais e que novos projetos e clientes nasçam destes locais, assim como para garantir a flexibilidade de horários e a participação de todos.

Os espaços de *coworking* trazem maiores benefícios para os trabalhadores (Figura 9.3) e para as empresas, à medida que acaba com o problema do isolamento; que proporciona o aumento da *networking* e o compartilhamento de conhecimentos, passando a ser um local de aprendizagem; ao passo que facilita a troca entre pessoas qualificadas e de diferentes áreas e empresas, oferecendo novos serviços entre as firmas e novos clientes; e à proporção que oferece um local melhor equipado e estruturado, com todos os materiais necessários ao desenvolvimento do trabalho (bom para o trabalhador, que ganha qualidade de trabalho, e bom para a empresa, que reduz gastos para fornecer estes equipamentos).



Figura 9.3: Benefícios do trabalho no terceiro lugar.  
Fonte: Néo Nomade e Zevillage (2017 – traduzido).

Em 2012, a Néo Nomade junto com a Zevillage realizaram uma pesquisa chamada *Tour de France du Télétravail 2012: Livre Blanc National sur le Travail et les Nouveaux Espaces de Travail* (Volta à França do Teletrabalho 2012: Artigo Técnico Nacional sobre o Trabalho e os Novos Espaços de Trabalho), que mostrou a realidade do teletrabalho na França, a percepção dos trabalhadores, os espaços de terceiro lugar instalados por cidade e o que os trabalhadores/usuários desses locais buscam nos espaços de *coworking*.

A Figura 9.4 mostra o que os usuários dos espaços de *coworking* buscam quando procuram estes lugares para trabalhar. Grande parte busca calma e tranquilidade para poder se concentrar no trabalho; muitos buscam a proximidade de suas casas, para diminuir os gastos econômicos e temporais com transporte, bem como evitar emissões de CO<sub>2</sub> desnecessárias; muitos também têm interesse em espaços com cafeteria, para poderem ter a facilidade de espalhar ao longo da jornada de trabalho e recarregar as energias e a concentração; alguns buscam por espaços que tenham lounges, caracterizando o interesse por ambientes mais descontraídos; uma parcela busca por

locais equipados com impressoras e telefonia, além da possibilidade de espaços para reuniões com clientes ou até com outros colaboradores (fisicamente ou através de videoconferência).

### Quelles attentes de la part des télétravailleurs ? O que se espera por parte dos teletrabalhadores?



Figura 9.4: O que os teletrabalhadores esperam dos espaços de *coworking*.  
Fonte: Néó Nomade (2012, traduzido).

Com a forte tendência mundial e com a presente necessidade de espaços para atender a estes trabalhadores, é muito pertinente que os projetos de edifícios residenciais contemplem espaços destinados ao *coworking*.

Nenhum lugar é mais interessante para instalar espaços de *coworking* do que nos edifícios residenciais, já que, para que estes espaços funcionem, é importante que eles estejam localizados próximos aos locais que as pessoas residem.

A fim de tornar estes espaços mais eficientes e usuais, é interessante que eles permitam acesso ao público externo ao do edifício residencial, para que seu uso não seja limitado apenas aos moradores. Para tal, é necessário que seu acesso seja feito de forma isolada, separada do resto do edifício.

Com o intuito de não elevar o custo dos condomínios e para garantir que estes locais sejam usados realmente de forma profissional, deve-se ter em mente algumas medidas administrativas, como: restrição do acesso ao espaço, que deve ser usado

apenas por trabalhadores; utilização mediante pagamento, podendo ser por hora, dia, semana ou mês; e restrição ao uso da rede Wi-Fi apenas para os usuários.

Quanto ao projeto (Figura 9.5), pelos dados apresentados, é fundamental que os espaços sejam confortáveis e descontraídos, havendo sofás e mesas compartilhadas; que eles possuam um espaço de lanches, com cafeteira, filtro de água, micro-ondas e geladeira, é possível até disponibilizar um local para uma cafeteria ser instalada; que eles sejam bem equipados, possuindo impressoras e scanners e rede Wi-Fi de boa qualidade; que eles sejam climatizados e possuam boa iluminação; e, se possível, que haja pelo menos uma sala de reunião. Vale lembrar que o espaço deve ter banheiro.

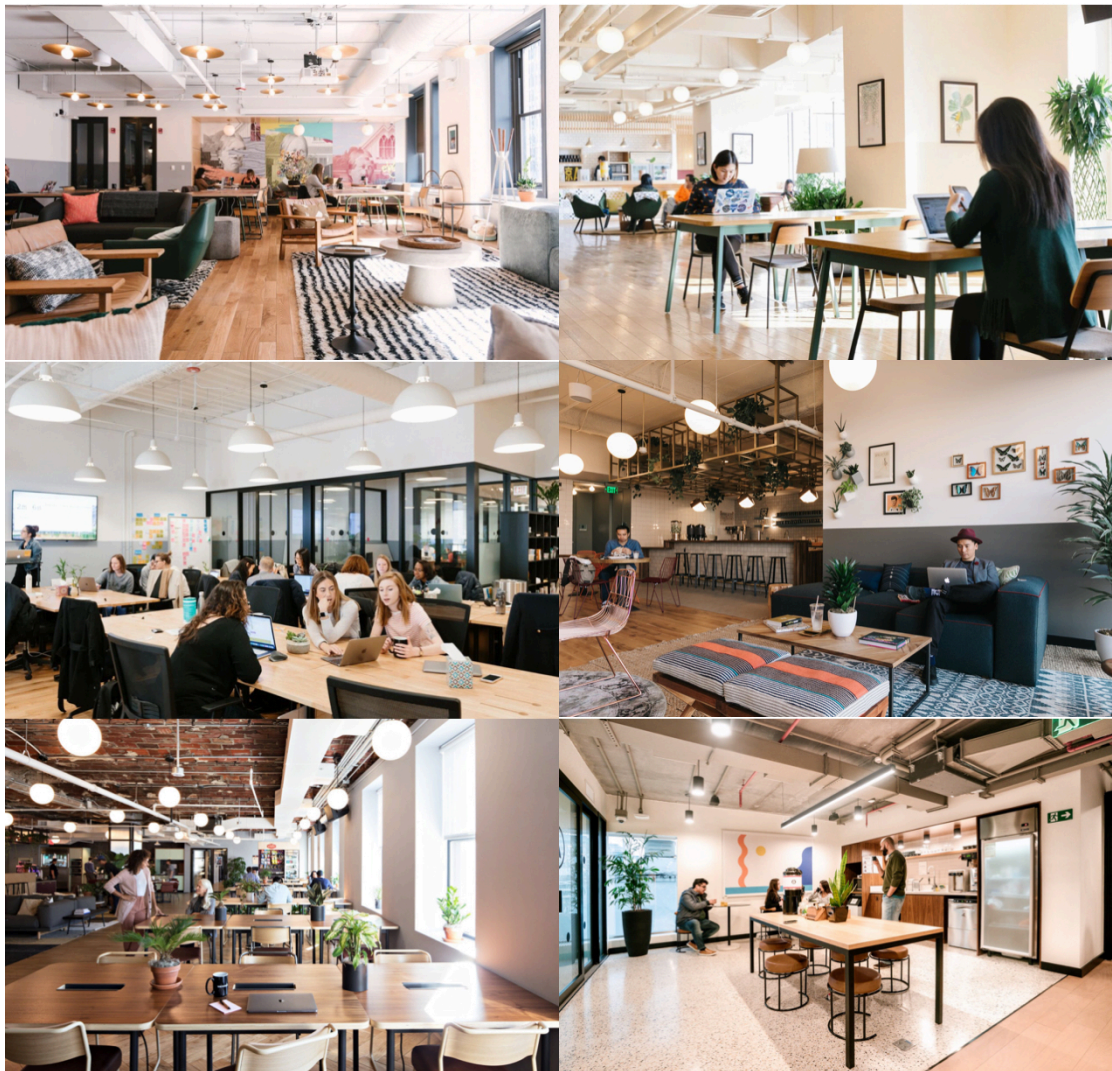


Figura 9.5: Exemplos de amenidades e estilos de espaços de *coworking*.  
Fonte: Site WeWork (2018).

## 10 CONSTRUÇÃO + LIMPA

A construção + limpa tem como inspiração o conceito de produção + limpa, largamente conhecido no setor industrial.

Conforme o site do Ministério do Meio Ambiente (sem data), o conceito de produção + limpa (P+L) foi definido pela Organização pelo Desenvolvimento Industrial das Nações Unidas (UNIDO) em conjunto com o Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (PNUMA) na década de 90, sendo definido com “aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, produtos e serviços com o intuito de aumentar a ecoeficiência e reduzir os riscos à saúde e ao meio ambiente”.

Para o setor industrial, desde a criação do conceito até hoje, uma vasta literatura sobre métodos e tecnologias foi sendo desenvolvida e, hoje, é possível ter acesso a muitos exemplos de sucesso de aplicação desse conceito, podendo ser facilmente replicado por outras indústrias.

Para as indústrias cuja prática do P+L já foi adotada há muito tempo, como a automobilística, sabe-se bem como “cada processo de produção pode se tornar mais limpo e eficiente, seja na economia de água, na redução de energia utilizada, na quantidade de matéria-prima, ou ainda na geração intermediária ou final de resíduos”, (site do Ministério do Meio Ambiente – sem data).

A produção + limpa está ligada à gestão ambiental das empresas. E para que ela funcione é preciso observar todos os processos que compõe a empresa, desde a parte administrativa até a parte de produção em si. É preciso também que todos os setores da empresa sejam envolvidos e estejam comprometidos com as mudanças.

O Centro Nacional de Tecnologias Limpas do SENAI-RS (CNTL) aponta, no Quadro 5.1, os setores da empresa que precisam ser envolvidos e a contribuição que cada um pode fornecer.



Quadro 10.1: Membros da equipe e possíveis responsabilidades.

Fonte: SENAI-RS (2003).

Membro da Equipe	Responsabilidades
Gerência	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demonstrar o comprometimento da corporação.</li> <li>- Estabelecer e reforçar objetivos de longo prazo.</li> <li>- Ter autoridade para implementar mudanças.</li> </ul>
Engenharia e design	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oferecer informações sobre os processos atuais.</li> <li>- Contribuir com idéias para mudança dos processos.</li> <li>- Avaliar a viabilidade técnica das propostas.</li> <li>- Identificar parâmetros mais favoráveis para operação.</li> </ul>
Qualidade ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calcular os custos com tratamento e disposição.</li> <li>- Determinar os efeitos ambientais das propostas.</li> <li>- Assegurar conformidade com a regulamentação.</li> </ul>
Finanças/Compras	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calcular os custos de operações atuais.</li> <li>- Calcular os custos e economias das propostas.</li> <li>- Localizar custos e economias das propostas.</li> <li>- Localizar custos e benefícios das mudanças reais.</li> <li>- Implementar mudanças no controle de estoque.</li> </ul>
Vendas & Marketing	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ter discernimento sobre as necessidades do cliente.</li> <li>- Instruir os clientes sobre as mudanças da produção mais limpa.</li> <li>- Comercializar os produtos como ambientalmente responsáveis.</li> <li>- Monitorar as reações do cliente às mudanças do produto.</li> </ul>
Operários da Produção	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oferecer descrições exatas das práticas de produção.</li> <li>- Sugerir idéias sobre novas abordagens.</li> <li>- Determinar a compatibilidade das mudanças com as práticas do trabalho.</li> <li>- Fornecer <i>feedback</i> sobre os efeitos das mudanças de vanguarda.</li> <li>- Aumentar o apoio dos operários às mudanças na linha de produção.</li> </ul>

Os métodos de P+L podem facilmente ser incorporados à indústria da construção civil, podendo ser chamados de construção + limpa.

Para isto, deve-se analisar todas as ações realizadas pela empresa construtora, buscar racionalizar os processos e criar fluxogramas dos serviços, identificar pontos de uso de recursos naturais (como são gastos, formas de uso, desperdícios) e coletar informações com os trabalhadores (muito importante para garantir que as medidas possam ser implementadas com êxito).

## 11 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo propor soluções para a problemática da construção civil e seus inúmeros impactos negativos. Para isto, foi considerado o contexto da cidade do Rio de Janeiro, RJ – Brasil, tendo em vista as edificações residenciais.

Foram considerados sete assuntos principais para a proposição de soluções: materiais e métodos construtivos sustentáveis, água, energia, resíduos sólidos, áreas verdes, espaços de *coworking* e construção + limpa.

Para materiais sustentáveis foi proposto uma análise do ciclo de vida dos materiais, levando em consideração seus impactos ao meio ambiente e à sociedade, mais do que a simples escolha por materiais ditos ecológicos. Para os métodos construtivos, foi debatida a importância da elaboração de bons projetos e planejamentos e maior controle de qualidade na execução da obra.

A captação de água das chuvas foi o tema sugerido para resolver as necessidades de melhor uso da água, sendo considerada a melhor opção. Enquanto que para a energia, a eficiência energética, as *smart grids*, e a geração de energia elétrica a partir de painéis solares e biodigestores foram consideradas tecnologias essenciais.

Os resíduos sólidos foram abordados levando em consideração a geração de resíduos no canteiro de obra, que devem ser separados desde a sua geração, além da explicação da diferença de tratamento para materiais orgânicos, que devem ser compostados, e os materiais recicláveis, que devem ser separados e destinados à reciclagem.

As áreas verdes e os espaços de *coworking* foram apresentados como uma necessidade da sociedade pela busca por diminuição do estresse e melhoria qualidade de vida.

Além disso, a implementação do conceito de construção + limpa foi proposto tendo como base o conceito de produção + limpa, largamente difundido no setor industrial.

Todas as soluções apresentadas solucionam de forma satisfatória os principais impactos negativos da construção civil, e suas implementações oferecem diversas vantagens aos proprietários e à sociedade como um todo, inclusive com redução de custos.

Entretanto, algumas tecnologias precisam ser mais desenvolvidas no Brasil, como é o caso das *smart grids*, da análise do ciclo de vida dos materiais, do uso de *softwares* de BIM, dos telhados verde e dos biodigestores. Outros precisam ter uma maior aceitação e entendimento por parte da população, como os espaços de *coworking*, a compostagem e o uso de água das chuvas para usos potáveis.

Este trabalho também possuía o intuito de realizar uma análise de mercado, buscando entender os métodos sustentáveis aceitos pela população e o quanto a sociedade valoriza o meio ambiente e participa da sua preservação. Esta análise foi feita a partir de uma plataforma de Formulários *online* (*Google Drive*) e obteve 249 respostas.

Os resultados mostraram que a população tem interesse por edifícios sustentáveis, sendo um mercado bastante promissor, contudo, é preciso que os consumidores sejam informados de que os preços dos imóveis sustentáveis mais elevados do que os imóveis tradicionais são compensados pela diminuição dos custos de energia, água e incentivos fiscais, isto se de fato forem mais caros do que os tradicionais.

A pesquisa mostrou também que a população se preocupa com a preservação ambiental, mas pratica mais intensamente apenas atitudes que há muitos anos são incentivadas, como economia de luz, água, papel e práticas de reciclagem, enquanto que ações mais modernas, como diminuição do consumo de carne e do uso de utensílios descartáveis e o consumo regular de alimentos orgânicos, não são tão praticadas.



## 12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. 2017. 74p. Disponível online em: [https://belasites.com.br/clientes/abrelpe/site/wp-content/uploads/2018/09/SITE\\_grappa\\_panoramaAbrelpe\\_ago\\_v4.pdf](https://belasites.com.br/clientes/abrelpe/site/wp-content/uploads/2018/09/SITE_grappa_panoramaAbrelpe_ago_v4.pdf). Acesso em: 2018.

ALERTA RIO, sem data. **Acumulados Mensais**. Disponível em: <http://alertario.rio.rj.gov.br/acumulados-mensais/>. Acesso em: 3 de dezembro de 2018.

ANA, sem data. **Situação da Água no Mundo**. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/porta/ANA/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>. Acesso em: novembro de 2018.

ARTES E DESIGN PUC-RIO, 2018. **DAD na Casa Nova**. Disponível em: <http://dad.puc-rio.br/2017/02/22/dad-na-casa-nova/>. Acesso em: 2018.

AUSTRALIAN ACADEMY OF SCIENCE, 2018. **We Need Bees for More Than Honey**. Disponível em: <https://www.science.org.au/curious/earth-environment/we-need-bees-more-honey>. Acesso em: 3 de dezembro de 2018.

AUSTRALIAN ACADEMY OF SCIENCE, 2018. **What's Killing the Bees?**. Disponível em: <https://www.science.org.au/curious/earth-environment/whats-killing-bees>. Acesso em: 3 de dezembro de 2018.

BRASIL. **Convenção sobre Mudança do Clima: o Brasil e a convenção – quadro das Nações Unidas**. Nova Iorque: Ministério da Ciência e Tecnologia, 1992. 27p. Disponível em: [http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/agenda21/Convencao\\_Quadro\\_sobre\\_Mudanca\\_do\\_Clima.pdf](http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/agenda21/Convencao_Quadro_sobre_Mudanca_do_Clima.pdf). Acesso em: 2018.

BRASIL, **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1982. Política Nacional do Meio Ambiente.

BRASIL, **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional dos Recursos Hídricos, Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

BRASIL, **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm).

BRASIL, **Lei nº 12.725**, de 16 de outubro de 2012. Controle da fauna nas imediações de aeródromos. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12725.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12725.htm).

BRASIL, **Resolução CONAMA nº 307**, de 5 de julho de 2002. Gestão dos Resíduos da Construção Civil. Publicado no D.O.U. de 17 de julho de 2002.

BRASIL. **Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa: produção de metais**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI, 2015. 60p. Disponível em: <http://sirene.mcti.gov.br/publicacoes>.

BRASIL. **Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa:** produtos minerais – produção de cimento, produção de cal, outros usos do calcário e dolomita, produção e uso de barrilha. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI, 2015. 51p. Disponível em: <http://sirene.mcti.gov.br/publicacoes>.

BROWN, C.; GERSTON, J.; COLLEY, S.; KRISHNA, H. J. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting.** 3ª Edição. Austin, 2005. 88p. Disponível em: [http://www.twdb.texas.gov/publications/brochures/conservation/doc/RainwaterHarvestingManual\\_3rdedition.pdf](http://www.twdb.texas.gov/publications/brochures/conservation/doc/RainwaterHarvestingManual_3rdedition.pdf).

BRUNDTLAND, G. H.; KHALID, M. **Report of the World Commission on Environment and Development:** our common future. Naiorobi, 1987. 318p.

CANADA. **Toits Verts:** manuel de ressources destiné aux décideurs municipaux. Société Canadienne d'Hypothèques et Logement – SCHL. 2006. 130p. Disponível em: <http://biblio.uqar.ca/archives/30075610.pdf>.

CBRE. **The Flexible Revolution:** insights into European flexible office markets. 2017. 27p. Disponível em: <https://www.cbre.co.uk/research-and-reports/European-Flexible-Office-Markets---The-Flexible-Revolution-November-20170>.

CTE, 2013. **Emissões de Carbono e a Construção Civil.** Disponível em: <http://www.cte.com.br/imprensa/2011-02-27-emissoes-de-carbono-e-a-construcao-civ/>. Acesso em: 2018.

EPD Search, sem data. **Search the EPD Database.** Disponível em: [https://www.environdec.com/EPD-Search/?search\\_type=advanced&query=&country=France&category=7764&certEpd=false&deregEpd=false&sectorEPD=false&ecoPlatformEPD=false&en15804EPD=false](https://www.environdec.com/EPD-Search/?search_type=advanced&query=&country=France&category=7764&certEpd=false&deregEpd=false&sectorEPD=false&ecoPlatformEPD=false&en15804EPD=false). Acesso em: 5 de dezembro de 2018.

EPE, sem data. **Matriz Energética e Elétrica.** Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 2018.

ESFERA ENERGIA SOLAR, 2015. **Sistema Solar Acoplado Tubo à Vácuo.** Disponível em: <https://www.esferaenergiasolar.com.br/aquecimento-solar>. Acesso em: 2018.

G1, 2012. **Brasil precisa erradicar 2.906 lixões até 2014, afirma estudo do Ipea.** Disponível em: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2012/04/brasil-precisa-erradicar-2906-lixoes-ate-2014-afirma-estudo-do-ipea.html>. Acesso em: 2018.

G1, 2018. **Brasil tem quase 3 mil lixões em 1.600 cidades, diz relatório.** Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2018/09/14/brasil-tem-quase-3-mil-lixoes-em-1600-cidades-diz-relatorio.ghtml>. Acesso em: 2018.

G1, 2015. **Senado aprova prorrogação do prazo para extinção de lixões.** Disponível em: <http://g1.globo.com/politica/noticia/2015/07/senado-aprova-prorrogar-por-2-anos-extincao-de-lixoes.html>. Acesso em: 2018.

GLASDON, 2018. **C-Thru 180 Can Recycling Bin**. Disponível em: <https://gil.glasdon.com/recycling-bins/indoor-recycling-bins/c-thru-tm-180-can-recycling-bin>. Acesso em: 4 de dezembro de 2018.

GLASDON, 2018. **C-Thru 180 Newspaper/Magazine Recycling Bin**. Disponível em: <https://gil.glasdon.com/recycling-bins/indoor-recycling-bins/c-thru-tm-180-newspaper-magazine-recycling-bin>. Acesso em: 4 de dezembro de 2018.

HANNAH ROSENGREN STUDIO, 2018. **Plant These to Help Save Bees**. Disponível em: <https://www.hannahrosengren.com/help-save-bees/>. Acesso em: 3 de dezembro de 2018.

HONEYBEE CONSERVANCY, sem data. **Plant a Bee Garden – Create na Oasis for Bees and Other Pollinators**. Disponível em: <https://thehoneybeeconservancy.org/plant-a-bee-garden/>. Acesso em: 3 de dezembro de 2018.

IEA, 2018. **Energy Efficiency 2018**. Disponível em: <https://www.iea.org/efficiency2018/>. Acesso em: 2018.

IEA, 2018. **Sustainable Development Scenario: a clear and more inclusive energy future**. Disponível em: <https://www.iea.org/weo/weomodel/sds/>. Acesso em: 2018.

IEA. **Energy Efficiency 2018: analysis and outlooks to 2040**. 2018. 174p. Disponível em: <https://webstore.iea.org/market-report-series-energy-efficiency-2018>.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil: relatório de pesquisa**. Brasília, 2012. 42p.

IWG. **The Workspace Revolution: reaching the tipping point**. 2018. 20p. Disponível em: <http://investors.iwgplc.com/~media/Files/I/IWG-IR/reports-and-presentations/2017/2016-full-year-results-report.pdf>.

KAFIN, R. J.; OOYEN, M. V.; LEUNG, J. **Rainwater Harvesting 101**. New York, 2008. 55p. Disponível em: <https://www.grownyc.org/files/osg/RWH.how.to.pdf>.

KOMEKO, 2016. **Coletor Solar Tubo à Vácuo: Alta Eficiência para Aquecimento de Água**. Disponível em: <http://www.komeco.com.br/blog/consumidor/coletor-solar-tubo-a-vacuo-para-atingir-altas-temperaturas.html>. Acesso em: 2018.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª Edição. Rio de Janeiro, 2014. 382p. Disponível em: [http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia\\_energetica\\_na\\_arquitetura.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf).

LUXOL, 2013. **La Tuile Solaire: solution énergétique pour le bâtiment**. Disponível em: <http://www.luxol.fr/documents/files/LUXOL%20plaquette%202013.pdf>. Acesso em: 4 de dezembro de 2018.

MCDONALD, R.; ALJABAR, L.; AUBUCHON, C.; BIRNBAUM, H. G.; CHANDLER, C.; TOOMEY, B.; DALEY, J.; JIMENEZ, W.; TRIESCHMAN, E.; PAQUE, J.; ZEIPER, M. **Funding Trees for Health: an analysis of finance and policy actions to enable tree planting for public health**. Arlington: The Nature Conservancy.

2017. 40p. Disponível em: [https://thought-leadership-production.s3.amazonaws.com/2017/09/19/15/24/13/b408e102-561f-4116-822c-2265b4fdc079/Trees4Health\\_FINAL.pdf](https://thought-leadership-production.s3.amazonaws.com/2017/09/19/15/24/13/b408e102-561f-4116-822c-2265b4fdc079/Trees4Health_FINAL.pdf).

MCPHERSON, E. G.; DOORN, N. V.; GOEDE, J. **The State of California's Street Trees.** California: USDA, 2015. 4p. Disponível em: [https://www.fs.fed.us/psw/topics/urban\\_forestry/documents/20150422CAStreetTrees.pdf](https://www.fs.fed.us/psw/topics/urban_forestry/documents/20150422CAStreetTrees.pdf).

MCPHERSON, E. G.; XIAO, Q.; DOORN, N. S. V.; GOEDE, J.; BJORKMAN, J.; HOLLANDER, A.; BOYNTON, R. M.; QUINN, J. F.; THORNE, J. H. **The Structure, Function and Value of Urban Forests in California Communities.** California: Elsevier, 2017. 43-53p. Disponível em: <http://climatereadytrees.ucdavis.edu/wp-content/uploads/2017/11/Str-Func-Value-of-Calif-Urban-Forests-2017-1-1.pdf>.

MMA – Ministério do Meio Ambiente, sem data. **Do Conceito de P+L para o Conceito de PCS.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/do-conceito-de-pl-para-o-conceito-de-pcs.html>. Acesso em: 5 de dezembro de 2018.

MOOC New Energy Technologies. **Smart Grid.** Grenoble Ecole de Management, 2016.

MOOC New Energy Technologies. **Solar.** Grenoble Ecole de Management, 2016.

MOOC New Energy Technologies. **Biogas.** Grenoble Ecole de Management, 2016.

MOOC Travail Flexible. **La Révolution du Travail.** Zévillage, 2016.

MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEIREDO, C. E. M.; MAGALHÃES, A. F.; MELO, M. A. F.; BRITO, J. C. X.; ALMEIDA, T. P. F.; MANSUR, G. L. **Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** 15ª Edição. Rio de Janeiro, 2001. 204p.

MUR VEGETAL PATRICK BLANC, sem data. **L'Oasis d'Aboukir, Paris.** Disponível em: <https://www.murvegetalpatrickblanc.com/realisations/paris-ile-de-france/loasis-daboukir-paris>. Acesso em: 2018.

MUR VEGETAL PATRICK BLANC, sem data. **Musée du Quai Branly.** Disponível em: <https://www.murvegetalpatrickblanc.com/realisations/paris-ile-de-france/musee-du-quai-branly>. Acesso em: 2018.

NÉO-NOMADE; ZÉVILLAGE. **Coworking:** les nouveaux bureaux de l'entreprise. 2017. 80p. Disponível em: <https://zevillage.net/espaces-de-travail/livre-blanc-coworking-les-nouveaux-bureaux-de-lentreprise/>.

NÉO-NOMADE; ZÉVILLAGE. **Tour de France du Télétravail:** livre blanc national sur le teletravail et les nouveaux espaces de travail. 2012. 52p. Disponível em: <https://zevillage.net/wp-content/uploads/2013/03/Livre-Blanc-Tour-de-France-du-teletravail-2012.pdf>.

O GLOBO, 2013. **Contato com a Natureza Faz Bem à Saúde**. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/revista-amanha/contato-com-natureza-faz-bem-saude-9504241>. Acesso em: 2018.

ONU, sem data. **Water**. Disponível em: <http://www.un.org/en/sections/issues-depth/water/>. Acesso em: novembro de 2018.

ONU, sem data. **Water Facts**. Disponível em: <http://www.unwater.org/water-facts/>. Acesso em: novembro de 2018.

ONU. **Declaração da Conferência da ONU no Ambiente Humano**. Estocolmo, 1972. 6p.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RUTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2ª Edição. São José dos Campos, 2017. 80p. Disponível em: [http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas\\_Brasileiro\\_Energia\\_Solar\\_2a\\_Edicao.pdf](http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf).

PLANTED DESIGN, sem data. **Living Wall Gallery – Be Safehouse**. Disponível em: <http://www.planteddesign.com/be-safehouse>. Acesso em: 2018.

PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL, 2018. **Andrade Gutierrez Engenharia**. Disponível em: <http://www.registropublicodeemissoes.com.br/participantes/552>. Acesso em: 2018.

PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL, 2018. **Construtora Norberto Odebrecht**. Disponível em: <http://www.registropublicodeemissoes.com.br/participantes/1832>. Acesso em: 2018.

ROOFTOP FARM, sem data. **Eagle Street Rooftop Farm – a rooftop farm in greenpoint Brooklyn**. Disponível em: <http://rooftopfarms.org>. Acesso em: 3 de dezembro de 2018.

SCHWARZ, M.; BONHOTAL J. **Composting at Home: the green and brown alternative**. New York: Cornell University, 2011. 12p. Disponível em: <https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/29111/Composting%20at%20Home%20REVISED.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.

SENAI. RS. **Cinco Fases da Implantação de Técnicas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre, 2003. 102p. Disponível em: <http://institutossenai.org.br/public/files/serie-manuais-de-producao-mais-limpa-cinco-fases-da-implantacao-de-tecnicas-de-producao-mais-limpa.pdf>.

SMART ENERGY GB, sem data. **Smart Meters Explained**. Disponível em: <https://www.smartenergygb.org/en/about-smart-meters/what-is-a-smart-meter>. Acesso em: 2018.

SOLATUBE, 2017. **Residential Daylighting**. Disponível em: [http://www.solatube.com/residential#javascriptVoid\(\);](http://www.solatube.com/residential#javascriptVoid();). Acesso em: 2018.

SOUTHWEST APPLIANCE, sem data. **5 Benefits of Smart Appliances in your Home.** Disponível em: <http://www.southwestapplianceinc.com/blog/five-benefits-smart-home-appliances/>. Acesso em: 2018.

STRAIGHT, 2017. **Battery Tubes.** Disponível em: <http://www.straight.co.uk/products/hazardous-handling/battery-tubes/>. Acesso em: 4 de dezembro de 2018.

UGREEN, 2018. **O Que Você Deveria Saber Sobre Materiais Sustentáveis.** Disponível em: <https://www.ugreen.com.br/materiais-sustentaveis/>. Acesso em: 5 de dezembro de 2018.

UK. **The GRO Green Roof Code:** green roof code of best practice for the UK 2011. GRO. 2011. 28p. Disponível em: [http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=GRO\\_Green\\_Roof\\_Code.pdf](http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=GRO_Green_Roof_Code.pdf).

UN WATER. **Water and Energy:** Volume I. 2014. 230p. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002257/225741E.pdf>.

USA. **Oregon Smart Guide:** rainwater harvesting. Oregon. Oregon Department of Consumer & Business Services. 20p. Disponível em: <https://www.oregon.gov/bcd/Documents/brochures/3660.pdf>.

U. S. Department of Energy, sem data. **Heat Pump Water Heaters.** Disponível em: [https://www.smartgrid.gov/the\\_smart\\_grid/smart\\_grid.html](https://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/smart_grid.html). Acesso em: 2018.

U. S. Department of Energy, sem data. **What is Smart Grid?.** Disponível em: <https://www.energy.gov/energysaver/water-heating/heat-pump-water-heaters>. Acesso em: 2018.

U. S. Environmental Protection Agency, 2018. **Composting at Home.** Disponível em: <https://www.epa.gov/recycle/composting-home>. Acesso em: 4 de dezembro de 2018.

WEWORK, 2018. **Espaço que Funciona a seu Favor.** Disponível em: <https://www.wework.com/pt-BR/>. Acesso em: 2018.