



Edifícios de Baixo Carbono no Brasil

Aspectos e Subsídios para Programas Nacionais

Agosto de 2017



Edifícios de Baixo Carbono no Brasil

Aspectos e Subsídios para Programas Nacionais

Agosto de 2017





O iCS é uma organização filantrópica que promove prosperidade e economia de baixo carbono no Brasil. Formamos parte de uma rede de re-financiadores filantrópicos que catalisam políticas climáticas de nível global, nacional e regional para reduzir a emissão de gases de efeito estufa. A rede inclui *ClimateWorks Foundation*, *Energy Foundation*, *China Energy Foundation*, *European Climate Foundation*, *Latin America Regional Climate Initiative* – México e *Shakti Sustainable Energy Foundation* – Índia. Nossas áreas de atuação são: Fomento de organizações e projetos da sociedade civil, academia e governos (*Grant Making*), Mobilização de Recursos filantrópicos e outros de atores nacionais e internacionais (*Mobilizing Resources*), e Conexão entre atores e catalisação de ações (*Convening*).

Um futuro melhor e de baixo carbono depende basicamente das escolhas da sociedade e das decisões políticas sobre o modelo de desenvolvimento adotado, principalmente no que diz respeito à matriz energética, à organização das cidades e dos meios de transporte e dos nossos modelos de produção e consumo. Ciente deste cenário, o iCS foca suas ações nas seguintes áreas:

POLÍTICA CLIMÁTICA: Assegurar uma vigorosa participação política e governança climática em nível nacional e local, com o intuito de planejar as ações de longo prazo.

ENERGIA ELÉTRICA: Estimular iniciativas nas áreas de eficiência energética e promoção de energias renováveis.

MOBILIDADE URBANA: Adoção de planos de mobilidade urbana que priorizem os transportes públicos e não motorizados, assim como o baixo carbono. Envolver e engajar a sociedade civil e os think tanks a fim de pensar modelos inovadores para este setor, garantindo que a sustentabilidade se sobreponha às ações isoladas.

Coordenação:

Roberto Kishinami, Coordenador de Portfolio – Energia Elétrica

Edifícios de Baixo Carbono no Brasil

Aspectos e Subsídios para Programas Nacionais

Coordenação técnica:
Edward Borgstein, MEng.

Equipe:
Isabela Issa, Eng.
Hamilton Ortiz, MEng.
Henrique Goulart

Revisão:
Alexandre Schinazi, Eng.

mitsidi
PROJETOS

Desenvolvido para o Instituto Clima e Sociedade (ICS).

São Paulo, 04 de agosto de 2017 (versão final)

Sumário

EXECUTIVE SUMMARY	1
RESUMO EXECUTIVO	4
1. Introdução.....	7
2. O setor energético e fontes de emissões	8
2.1 Fontes de emissão de CO ₂ no Brasil	8
2.2 Energia e CO ₂ na matriz elétrica	20
2.3 Políticas de mudanças climáticas.....	29
2.4 Programas de eficiência energética em edificações.....	32
2.5 Geração distribuída.....	43
3. Mapeando o consumo de energia em edifícios.....	49
3.1 Edifícios residenciais	49
3.2 Edifícios comerciais e públicos.....	57
4. Edifícios de baixo consumo de energia e de zero carbono	66
4.1 Edifícios Net-Zero	66
4.2 Programas internacionais de edifícios net-zero	69
4.3 Projetos de zero energia no Brasil	71
4.4 Energia operacional e embutida.....	74
4.5 Geração renovável e balanços energéticos	80
5. Recomendações para atuação	91
5.1 Geração de conhecimento.....	92
5.2 Políticas públicas	92
5.3 Tecnologia e pesquisa.....	94
5.4 Projetos pilotos	96
5.5 Edifícios Net-Zero	97
Referências bibliográficas	100
Anexo A – Definições internacionais de Net-Zero.....	110

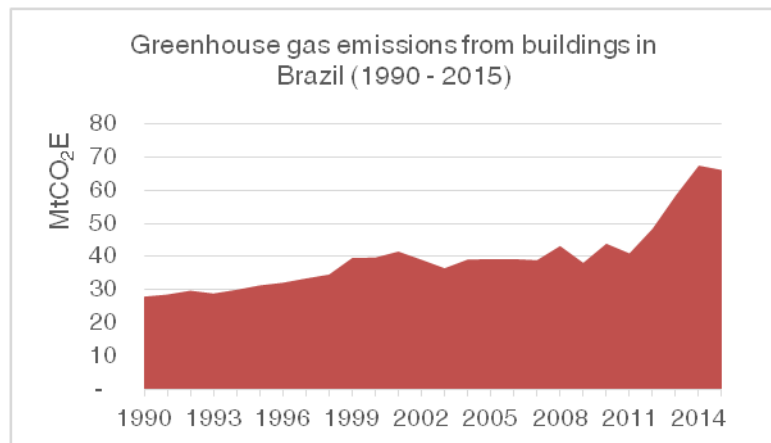
EXECUTIVE SUMMARY

This report provides an update on energy consumption and greenhouse gas emissions from the buildings sector in Brazil and explores the potential for the country to take a leadership role in reducing impact in the sector and moving towards net-zero carbon solutions in the built environment.

Greenhouse gas emissions in buildings

Historically, Brazil's greenhouse gas emissions have been dominated by land use change and agriculture. However, emissions from the energy sector have grown rapidly, driven partly by the electricity sector, which has seen the displacement of hydroelectricity by thermal power plants for electrical generation to meet increased demand. Despite the recent increase, the carbon factor of electricity in Brazil is still significantly lower than most large economies, at approximately 0,1 tCO₂/MWh.

At present, 50% of Brazil's electricity is consumed in buildings and this consumption is set to grow rapidly in the coming years as the building stock grows and buildings become more complex, with higher demands for services such as air conditioning.



Policies and programmes

Brazil's ambitious Nationally Determined Contributions stipulate a 43% reduction in CO₂ emissions against a 2005 baseline by 2030. Much of this will be achieved by reducing deforestation, but the energy sector will have to play an important role. A general target of 10% improvement in energy efficiency has been laid out, but further details need to be developed.

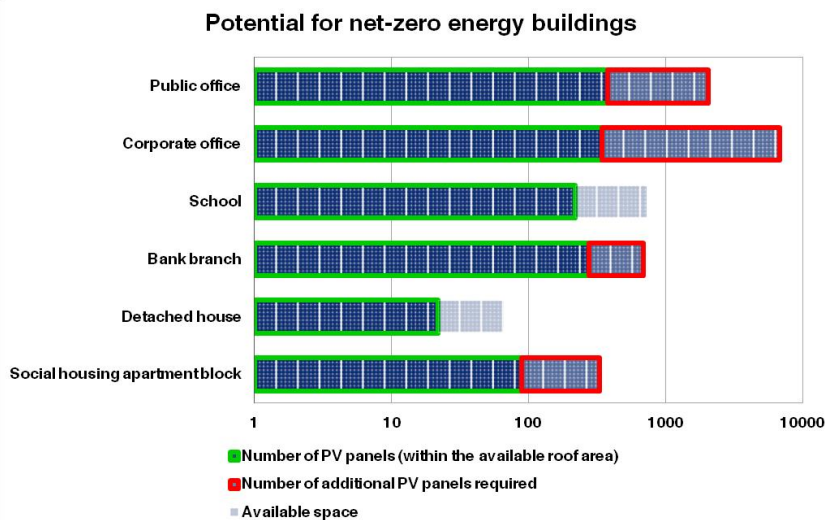
There are a range of different actors in the sector, with only limited coordination between them. The *PBE Edifica* programme provides energy labelling (A-E) for new buildings based on an asset rating system, and an operational rating system is under development separately. The national energy efficiency programme *Procel* develops tools and structures the sector, while finance is available from the electricity distribution companies. A range of policies are in place or under development at federal, state and municipal levels.

Regulatory landscape

The installation of distributed generation was permitted with the implementation of net-metering legislation in 2012 (and a 2015 update of the regulations). This has allowed the sector, dominated by photovoltaic systems, to grow rapidly without additional subsidies. Although generation from this sector is still very small at national level, it is expected to grow and mature in the coming years.

Building codes are implemented at municipal level and generally do not consider energy efficiency. Since 2014, A-rated energy labels have been mandatory in new federal buildings, but compliance levels have been very low.

Net-zero buildings



Although projects currently under construction claim net-zero energy levels, there is currently no framework for developing and certifying net-zero buildings in Brazil. This framework could be developed based on net-zero final energy consumption, primary energy consumption or carbon emissions. The use of fossil fuels for cooking and water heating in dwellings will make it

important to stipulate adequate calculation methodologies for reaching carbon equivalence between fuels; in particular, it will be important to define whether mean grid carbon factors or marginal generation factors should be used for electricity.

Thanks to their relatively low energy consumption and the high levels of solar radiation, it is relatively easy for typologies such as schools and single-family dwellings to reach net-zero levels. However, larger buildings and those which are fully air conditioned, such as corporate office buildings, will be unable to meet net-zero levels with onsite generation, even in the most optimistic scenarios. Some combination of extremely high efficiency, onsite generation and offsite renewable generation could be adopted.

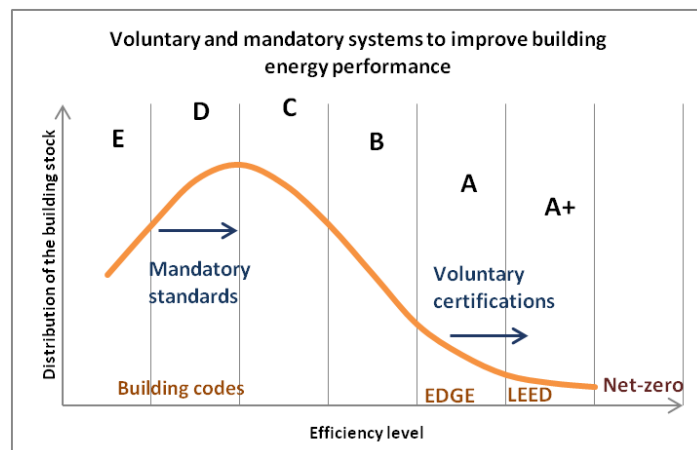
Recommendations

Knowledge generation

Criteria should be developed for measuring and evaluating net-zero buildings. Existing policies related to operational ratings, energy labels and certifications should be expanded and strengthened. Future development should focus on carbon emissions of materials used in construction.

Public policy

Coherent, evidence-based policies should be developed at all levels of government, with an increased level of coordination between different actors and a recognition of the role of demand-side policies in planning of electricity systems. Greater transparency of energy performance should be incentivised. Support should be given to municipal governments to build capacity, adopt and implement policies related to energy efficiency and distributed generation. Minimum energy performance standards should be raised urgently.



to build capacity, adopt and implement policies related to energy efficiency and distributed generation. Minimum energy performance standards should be raised urgently.

Technology development

The development and implementation of locally appropriate solutions and new technologies should be incentivised and supported, alongside the adoption of international best practices.

Pilot projects

Brazil has an opportunity to present itself as a leader in the sector of energy in buildings. Pilot projects of net-zero carbon buildings, communities and towns, developed within a validated framework, should be incentivised and supported.

Net-zero certification

A comprehensive framework for net-zero certification should be rolled out, based on full disclosure of building energy performance in-use and adopting PBE Edifica and RN687-2015 as the main reporting criteria.

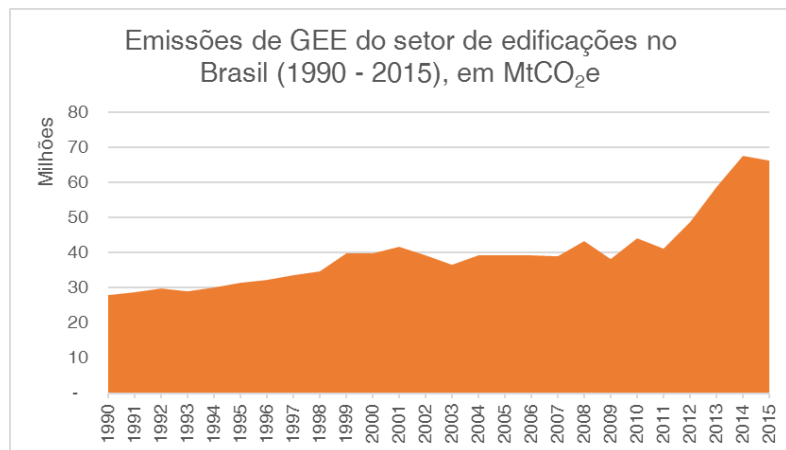
RESUMO EXECUTIVO

Este relatório fornece uma atualização sobre o consumo de energia e as emissões de gases de efeito estufa do setor de edificações no Brasil e explora o potencial do país assumir um papel de liderança na redução do impacto no setor e avançar para soluções de carbono zero no ambiente construído.

Emissões de Gases do Efeito Estufa em Edificações

Historicamente, as emissões de gases do efeito estufa (GEE) no Brasil foram dominadas pelos setores de mudança de uso da terra e agropecuária. No entanto, as emissões do setor de energia têm crescido rapidamente, impulsionado em parte pelo setor elétrico, que tem visto o deslocamento da hidreletricidade por usinas térmicas para geração elétrica para atender a demanda aumentada. Apesar do recente aumento, o fator de carbono da eletricidade no Brasil ainda é significativamente menor do que a maioria das grandes economias, aproximadamente 0,1 tCO₂/MWh.

Atualmente, 50% da eletricidade brasileira é consumida em edifícios, e este consumo deverá crescer rapidamente nos próximos anos à medida que o parque de edifícios cresce e que os edifícios se tornam mais complexos, e com maiores demandas de serviços como ar condicionado.



Políticas e Programas

As ambiciosas Contribuições Nacionalmente Determinadas do Brasil estipulam uma redução de 43% nas emissões de CO₂ em relação à linha de base de 2005 até 2030. Muito disso será alcançado pela redução do desmatamento, mas o setor de energia terá que desempenhar um papel importante. Foi estabelecido um objetivo geral de 10% de melhoria da eficiência energética, mas é necessário desenvolver objetivos mais detalhados.

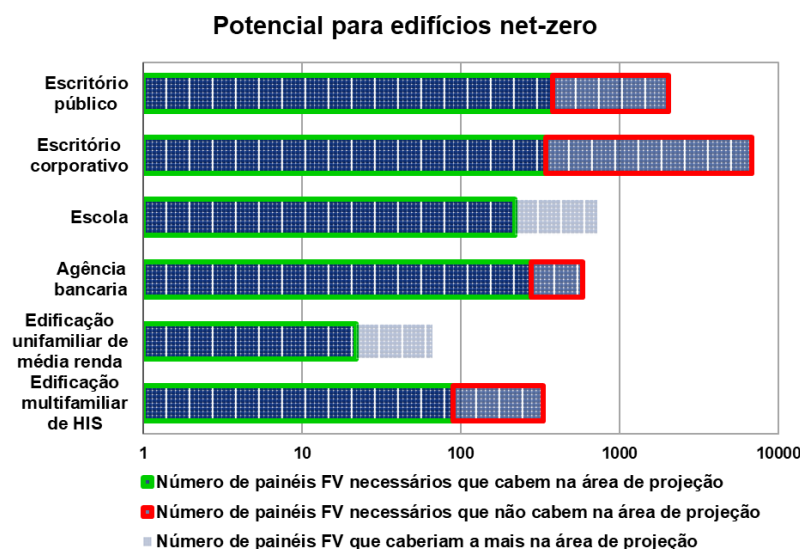
Há uma série de diferentes atores no setor, com uma coordenação limitada entre eles. O programa PBE Edifica fornece rotulagem energética (A-E) para novos edifícios com base em um sistema de classificação de ativos, e um sistema de classificação de desempenho operacional está sendo desenvolvido separadamente. O programa nacional de eficiência energética (Procel) desenvolve ferramentas e estrutura o setor, enquanto o financiamento está disponível pelas empresas de distribuição de eletricidade. Uma série de políticas estão em vigor ou em desenvolvimento nos níveis federal, estadual e municipal.

Regulamentação

A instalação de geração distribuída foi regularizada com a implementação da legislação de *Net-Metering* em 2012 (e uma atualização em 2015 dos regulamentos). Isso permitiu que o setor, dominado pelos sistemas fotovoltaicos, crescesse rapidamente sem subsídios adicionais. Embora a geração deste setor ainda seja muito pequena a nível nacional, seu crescimento e amadurecimento são esperados nos próximos anos.

Os códigos de obra são implementados a nível municipal e geralmente não consideram a eficiência energética. Desde 2014, os rótulos de energia com classificação A têm sido obrigatórios em novos edifícios federais, mas os níveis de conformidade têm sido muito baixos.

Edifícios Net-zero



Embora os projetos atualmente em construção afirmem níveis de zero energia, atualmente não há um quadro regulamentar para o desenvolvimento e a certificação de edifícios de net-zero no Brasil. Este quadro poderia ser desenvolvido com base no consumo final de energia local, no consumo de energia

primária ou nas emissões de carbono. O uso de combustíveis fósseis para cocção e aquecimento de água nas habitações faz com que seja importante estipular metodologias de cálculo adequadas para alcançar a equivalência de carbono entre os combustíveis. Em particular, será importante definir se devem ser utilizados os fatores médios de emissão de carbono ou os fatores da margem de operação do Sistema Interligado Nacional (SIN) de energia elétrica.

Graças ao seu consumo de energia relativamente baixo e aos elevados níveis de radiação solar no país, é relativamente fácil para tipologias como escolas e habitações unifamiliares atingir níveis de net-zero. No entanto, os edifícios maiores e aqueles que são totalmente climatizados, como os edifícios de escritórios corporativos, serão incapazes de cumprir os níveis de net-zero com geração local, mesmo nos cenários mais otimistas. Poderia ser adotada uma combinação de alta eficiência, geração local e geração renovável *offsite*.

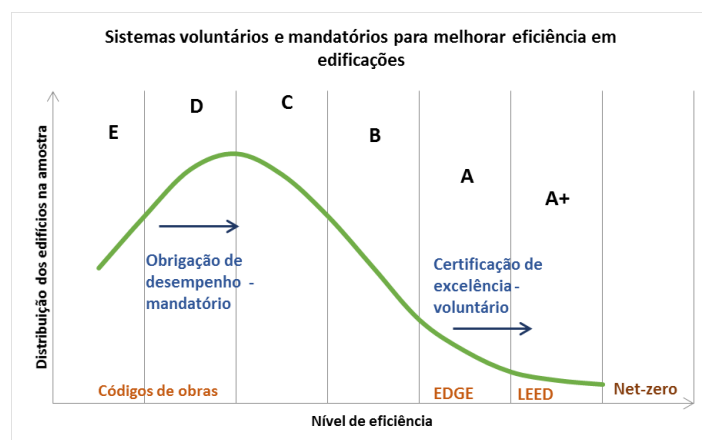
Recomendações

Geração de conhecimento

Crítérios devem ser desenvolvidos para medir e avaliar edifícios net-zero. As políticas existentes relacionadas com classificações operacionais, etiquetaagem energética e certificações devem ser expandidas e fortalecidas. O desenvolvimento futuro deve se concentrar nas emissões de carbono dos materiais utilizados na construção.

Políticas públicas

Políticas coerentes e tecnicamente fundamentadas devem ser desenvolvidas em todos os níveis de governo, com um maior nível de coordenação entre os diferentes atores e um reconhecimento do papel das políticas de demanda no planejamento dos sistemas de eletricidade. Deverá ser incentivada uma maior transparência do desempenho energético. Deve-se dar apoio aos governos municipais para capacitar, adotar e implementar políticas relacionadas à eficiência energética e geração distribuída. Os requisitos das normas mínimas de desempenho energético devem ser elevados com urgência.



Desenvolvimento de tecnologia

O desenvolvimento e a implementação de soluções localmente apropriadas e novas tecnologias devem ser incentivados e apoiados, além da adoção das melhores práticas internacionais.

Projetos-piloto

O Brasil tem a oportunidade de se apresentar como um líder no setor de energia em edifícios. Projetos-piloto de edifícios, comunidades e municípios com net-zero de carbono, desenvolvidos dentro de um quadro regulamentar validado, devem ser incentivados e apoiados.

Certificação Net-Zero

Um sistema para certificação de edifícios net-zero deve ser produzido e disponibilizado. Este sistema deve ser baseado em publicação e transparência com relação ao consumo em operação, adotando os procedimentos já existentes de PBE Edifica e RN 687-2015 para documentação dos requisitos de desempenho.

1. Introdução

Dentre os esforços nacionais em busca da redução de emissões de gases a efeito estufa no Brasil, historicamente o setor de edificações tem recebido pouca ou nenhuma prioridade para projetos. Isso se deve basicamente ao consumo relativamente baixo desses edifícios quando comparados a grandes plantas industriais, bem como devido à matriz energética limpa, dominada pela energia hídrica.

Apesar disso, nos últimos anos uma forte tendência de crescimento do consumo energético em edificações residenciais e comerciais foi registrada, devido basicamente a dois fatores: (1) aumento do estoque construído e (2) maior demanda por serviços com alto consumo de energia, como sistemas de ar condicionado.

Paralelamente, a matriz energética passou a depender mais das usinas termoeletricas a gás natural, triplicando as emissões por unidade de energia final nos momentos de maior dependência das fontes fósseis. Esses fatores associados fizeram com que, em 2015, o setor energético passasse a ser o maior gerador de emissões de CO₂ no país. Do total de eletricidade gerada hoje no país, aproximadamente 50% é consumida em edificações. Além disso, existem consumos significativos de outros combustíveis em edificações, como gás natural, diesel e GLP.

Existem diversas opções de eficiência energética, gestão de demanda e geração distribuída a serem incorporadas nas edificações brasileiras, a partir de diferentes mecanismos, como projetos demonstrativos, políticas públicas ou mesmo a partir de investimentos do setor privado. No cenário atual, construir e certificar edificações e comunidades de baixo impacto de carbono se mostram fundamentais para que o país atenda aos seus compromissos de redução de emissões de CO₂. A realização deste trabalho está, portanto, vinculada às áreas de foco do iCS, organização referência em economia de baixo carbono.

Os principais objetivos deste relatório são, portanto, fornecer o embasamento teórico para ações do iCS em eficiência energética e estratégias de baixo carbono em edifícios, bem como fundamentar e fomentar discussões e o desenvolvimento de programas nacionais para edifícios de zero carbono. O trabalho compreendeu o mapeamento do estado atual de edificações de baixo carbono no Brasil, sua inserção na matriz energética nacional, a identificação dos potenciais de atuação por meio de políticas públicas e projetos demonstrativos, e o levantamento do potencial de se chegar em edifícios com zero emissões de CO₂ durante sua fase de operação.

O relatório está organizado em quatro capítulos principais: o capítulo 2 apresenta a matriz energética brasileira e como as edificações se inserem como consumidoras de energia e emissoras de gases do efeito estufa. O capítulo 3 explora os usos finais de energia em edifícios residenciais, comerciais e públicos em sua fase de uso e operação. O capítulo 4 descreve as diferentes definições utilizadas na conceituação de edificações net-zero e levanta o potencial técnico para edifícios net-zero brasileiros, e o capítulo 5 traz as principais discussões e recomendações para atuação para o desenvolvimento de edifícios de baixo carbono no Brasil.

2. O setor energético e fontes de emissões

A redução do consumo de energia em edificações é uma das estratégias chave na mitigação da emissão de CO₂ – opções tecnológicas, boas práticas de design e mudanças de comportamento podem atingir de 50 a 75% de redução em edifícios existentes, e de 50 a 90% em novas construções (IPCC, 2014). Neste sentido, este capítulo tem por objetivo apresentar a matriz energética brasileira e como o setor de edificações – residenciais, comerciais e públicas – se insere como consumidora de energia e emissora de gases do efeito estufa (GEEs).

2.1 Fontes de emissão de CO₂ no Brasil

As emissões de CO₂ em edificações estão relacionadas ao consumo direto de energia, nas suas mais diversas fontes. Em todas as fases do ciclo de vida de um edifício o consumo de recursos naturais é impactante ao meio ambiente e à atmosfera – e, por ter uma longa vida útil e abrigar as mais diversas atividades humanas, a fase de uso e operação é de extrema importância no desenvolvimento de programas e políticas públicas de mudanças climáticas.

As emissões de carbono em edifícios podem ser dar de maneira direta, quando há o consumo de fontes de energia primária (como a queima de combustíveis fósseis), e de maneira indireta, quando há o consumo de fontes secundárias, como é o caso da eletricidade. Dada que a maior parte do consumo se dá na forma de energia elétrica, entender a matriz energética nacional e suas emissões passa a ser fundamental no estudo de emissões por edificações.

Esta subseção tem por objetivo discutir o panorama geral das emissões brasileiras, e principalmente do setor energético, discorrer sobre como se dá o uso de energia em edifícios a nível nacional e as emissões associadas, e sobre os diferentes tipos de avaliação de impacto energético.

Panorama geral das emissões brasileiras

Em 2015, as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) no Brasil totalizaram 1,9 GtCO₂e¹. Dentre os setores da economia nacional (Figura 1), o de Mudança de Uso da Terra e Floresta é o que representa a maior parcela das emissões (46%), seguido pelo setor de Energia (24%) e o de Agropecuária (22%).

¹ Os valores de emissões de GEE utilizam como padrão os fatores de conversão para carbono equivalente no formato GWP presente no Segundo relatório do IPCC (SAR ou AR2 – *Second Assessment Report*).

Emissões totais de GEE no Brasil em 2015 (GtCO₂e)

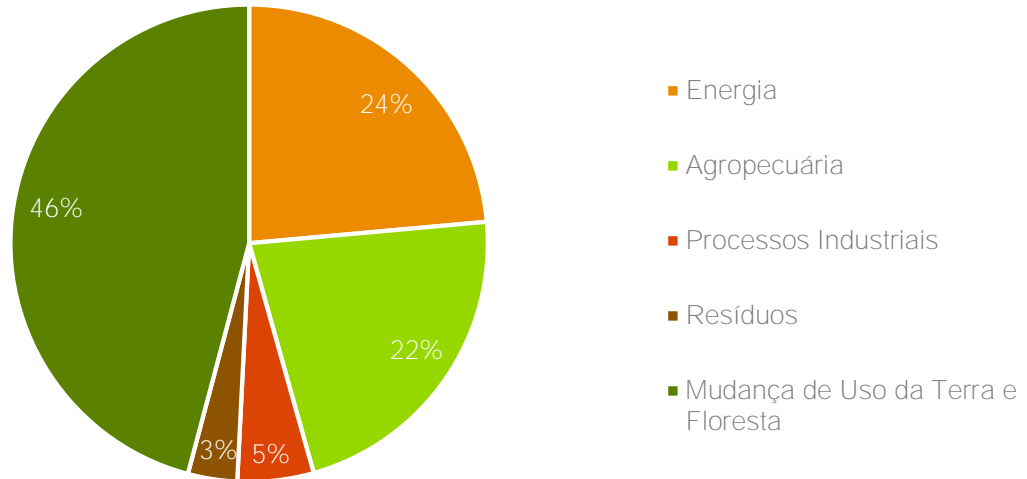


Figura 1 – Emissões totais de GEE no Brasil em 2015 (GtCO₂e)
Fonte: elaboração própria, com dados do SEEG (2017)

As principais variações nas emissões totais ao longo do tempo são explicadas especialmente pelas alterações no uso da terra, em especial pelo desmatamento na Amazônia. Nos casos da energia, da agropecuária, dos processos industriais e dos resíduos, as emissões apresentam um crescimento contínuo desde 1970, havendo quedas de 1 a 2% apenas em anos de crise econômica – 1981, 1983, 1990 e 2009 (Figura 2).

Emissões totais de GEE em MtCO₂e (1990 - 2015)

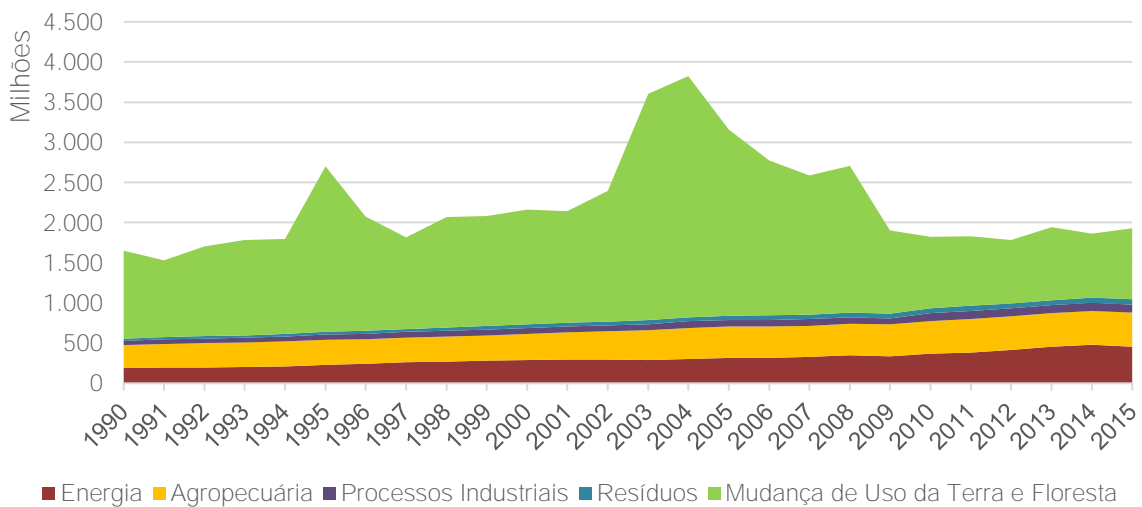


Figura 2 – Emissões totais de GEE no Brasil de 1990 a 2015 (MtCO₂e)
Fonte: elaboração própria, com dados do SEEG (2017)

As emissões do setor de energia – incluindo produção e consumo de combustíveis e energia elétrica – tiveram um crescimento contínuo maior que as de atividades de agropecuária, superando-as pela primeira vez em 2012 – entre 1970 e 2014, elas se multiplicaram por quatro. A participação de energias renováveis na matriz energética brasileira, que nos anos 1980 chegou a superar 50%, atingiu 39,4% em 2014, valor pela primeira vez abaixo de 40% desde que o MME começou a fazer os levantamentos (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2016).

A geração de energia elétrica emitiu duas vezes mais GEE em 2014 do que em 2011, de modo que este aumento equivaleu a mais do que as emissões de todos os ônibus e motos do país em 2014. Os principais responsáveis pelo aumento das emissões do setor de energia entre 2013 e 2014 foram a geração de eletricidade, o segmento de transportes e a produção de combustíveis (IEMA, 2016). Atualmente, o setor representa 24% das emissões brutas, ou 454 MtCO₂e (SEEG, 2017). Neste ritmo atual de crescimento, a tendência é que ele se torne a maior fonte de emissões do Brasil nos próximos anos se os níveis de desmatamento forem mantidos ou reduzidos (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2016).

Consumo de energia e emissões no setor de edificações

As emissões de carbono em edifícios são relacionadas diretamente ao seu consumo de energia – em 2010, as edificações responderam por 32% do consumo final de energia no mundo, por 51% do consumo global de eletricidade, e por 19% das emissões de gases do efeito estufa relacionados ao consumo de energia (IPCC, 2014). Assim, para entender quão representativo são os impactos energéticos dos edifícios, faz-se necessário avaliar como e quais energéticos eles consomem.

O histórico de consumo energético em edificações no Brasil (Figura 3) mostra uma tendência crescente nos últimos anos, mais acentuada nos edifícios comerciais e públicos. A única redução significativa ocorreu após a crise energética de 2001, devido aos programas de redução de consumo implantados em todo o país. Houve também uma estabilização do consumo energético durante a crise financeira mundial de 2008, mas o Brasil voltou a ter o crescimento esperado no ano seguinte (CBCS, 2014).

As residências continuam sendo responsáveis pela maior parte do consumo de energia (Figura 4), representando 10,2% do consumo final energético total do país em 2015, duas vezes mais do que a soma dos edifícios comerciais e públicos, que corresponderam a 3,5% e 1,6% do consumo final energético total, respectivamente (EPE, 2016). Em relação ao consumo de eletricidade, as edificações representam, juntas, 50,8% do total nacional (Figura 5).

Consumo de energia em edificações em tep (1990 - 2015)

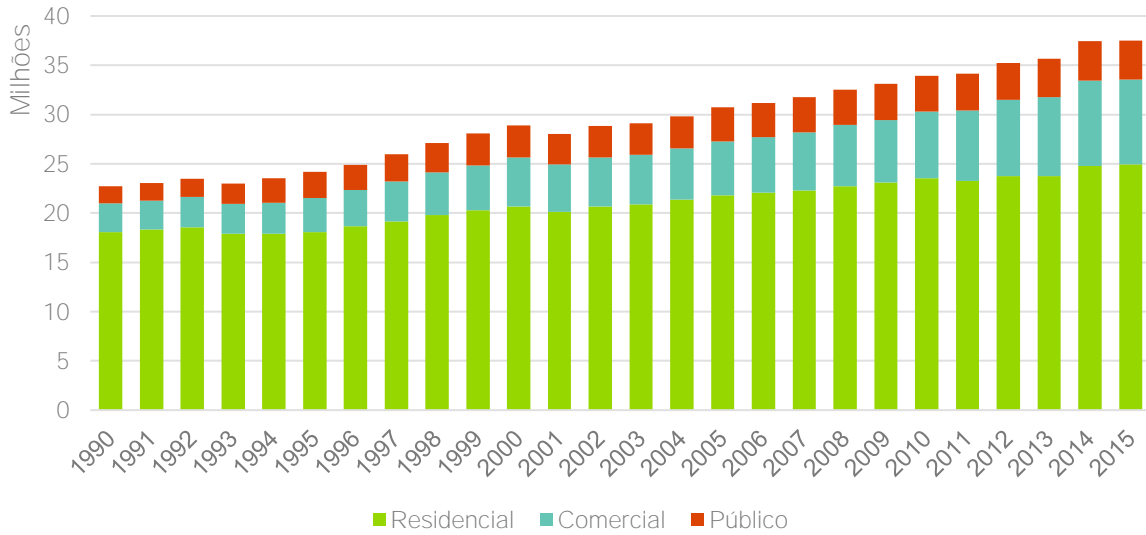


Figura 3 – Consumo de energia em edificações de 1990 a 2015 (milhões de toneladas equivalentes de petróleo - tep)
Fonte: elaboração própria, com dados do BEN (EPE, 2016)

Consumo Final Energético em 2015

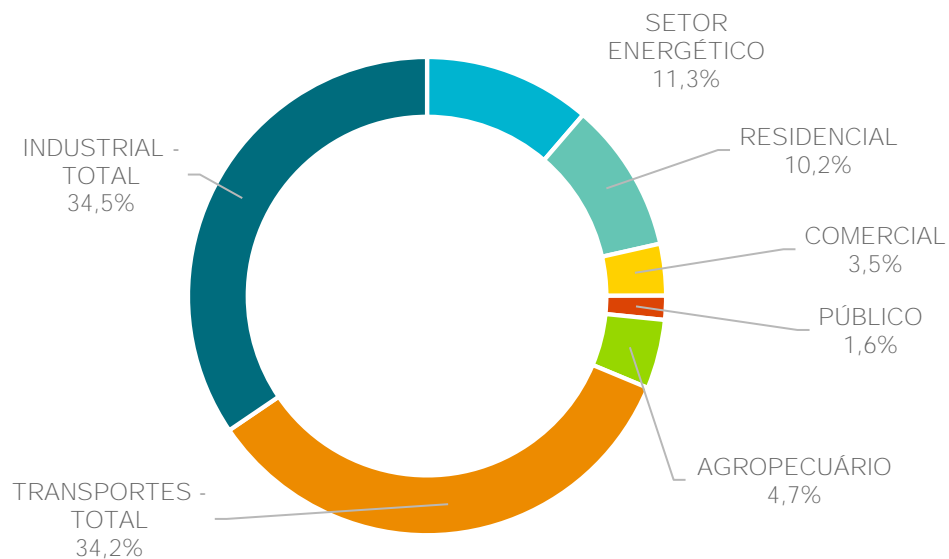


Figura 4 – Consumo final energético por setor
Fonte: elaboração própria, com dados do BEN (EPE, 2016)

Composição Setorial do Consumo de Eletricidade em 2015

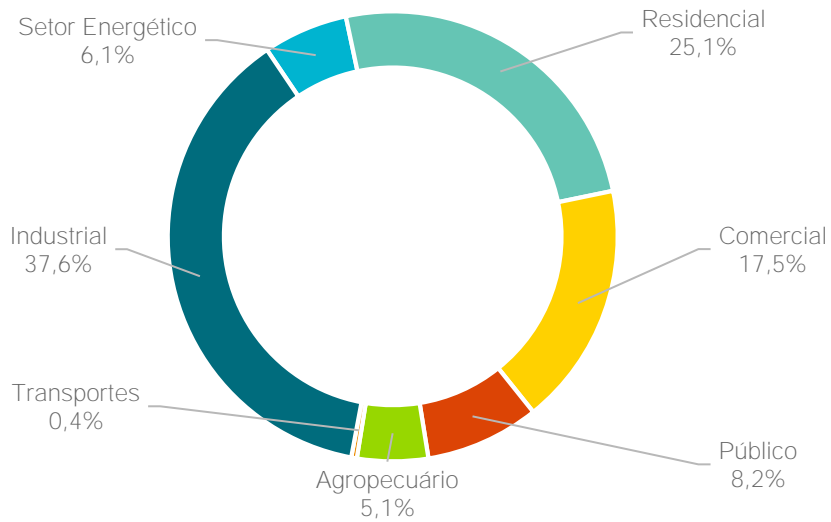


Figura 5 – Composição setorial do consumo de eletricidade em 2015
Fonte: elaboração própria, com dados do BEN (EPE, 2016)

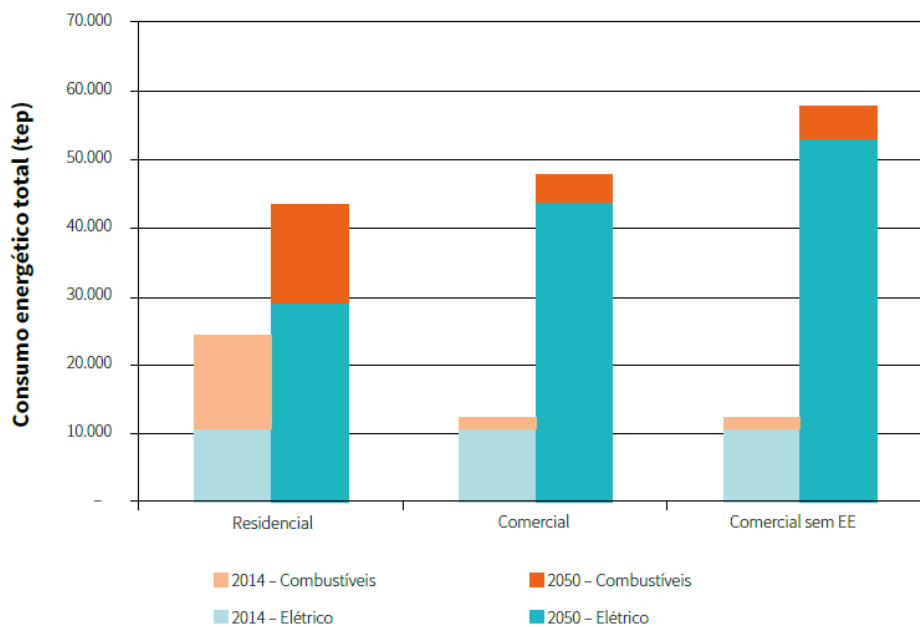


Figura 6 – Previsões de aumento de consumo de energia em edificações
Fonte: CBCS (2014)

O Plano Nacional Energético (PNE) para 2050 (EPE, 2016) identifica previsões para futuros aumentos nesse consumo. Em residências, o consumo energético aumenta em função do crescimento da população, da redução de número de pessoas por domicílio e do aumento no consumo energético de cada domicílio (associado, em geral, ao aumento do poder aquisitivo e da posse de aparelhos elétricos).

No setor de serviços, que inclui os edifícios comerciais e públicos, não há estimativas de estoque atual de edificações ou do aumento na construção. Destaca-se, entretanto, que sem o impacto de programas de eficiência energética (EE), o consumo seria 17% maior nos edifícios comerciais (Figura 6) (CBCS, 2014). Estima-se então que em 2050 o setor residencial consumirá 43.237 tep, e o setor comercial 47.465 tep – considerando a eletricidade, o gás natural, o GLP e a lenha como energéticos (EPE, 2016).

Os principais energéticos consumidos no setor de edificações são a eletricidade, o gás natural, o gás liquefeito do petróleo (conhecido como GLP), e, no caso das residências, a lenha (Figura 7, Figura 8 e Figura 9).

No setor residencial, os combustíveis (gás natural, GLP e lenha) são utilizados principalmente na cocção de alimentos e no aquecimento de água para banho. A longo prazo, o PNE 2050 estima que a lenha e o carvão vegetal serão parcialmente substituídos pelo GLP, dado o crescimento de renda da população e da menor disponibilidade desses energéticos. Além disso, destaca-se o aumento da disponibilidade do gás natural encanado no país, havendo um expressivo incremento de consumo – de 1,3% em 2014 para 7,7% em 2050. Pelo mesmo motivo, estima-se uma perda de participação de chuveiros elétricos para aquecimento de água, substituído por aquecedores a gás natural e sistemas de aquecimento solar, e o aumento em sua utilização na cocção de alimentos (EPE, 2016).

Nos setores comercial e público, o uso de energia elétrica é muito superior ao de outros energéticos. Apesar de responder por uma pequena parcela da demanda total de energia, 3,5% em 2015 (Figura 4), o setor comercial brasileiro se destaca no uso de eletricidade, chegando a 17,5% do total em 2015. No horizonte de longo prazo, o PNE 2050 estima ganho de eletrificação e de uso de gás natural (EPE, 2016). Além disso, os elevados valores de tarifa de demanda na ponta e os efeitos do racionamento de 2001 acabaram por justificar a instalação de autogeração distribuída. Um levantamento da EPE (2015), que analisou as variações na curva de carga do Sistema Interligado Nacional (SIN) no horário de ponta, sugere que existe uma importante capacidade instalada em motogeradores operada pelos próprios consumidores, da ordem de 7.000 a 9.000 MW, e movidos principalmente a óleo diesel e gás natural.

Consumo energético residencial em 2015 - 24.951 tep

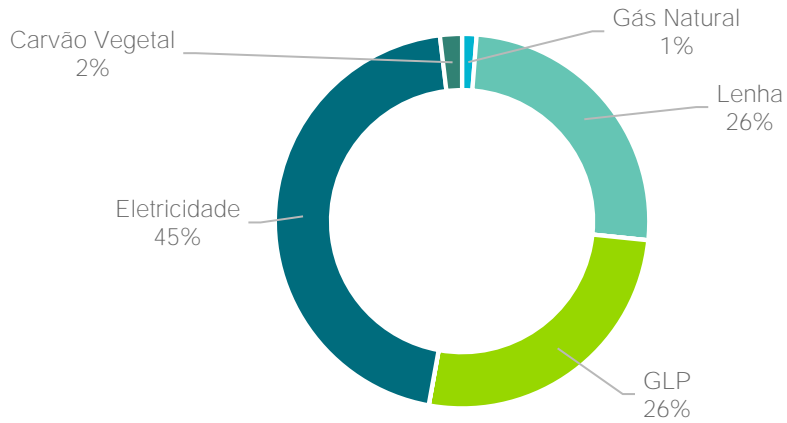


Figura 7 – Consumo energético do setor residencial por fonte de energia em 2015
Fonte: Fonte: elaboração própria, com dados do BEN (EPE, 2016)

Consumo energético comercial em 2015 - 8.582 tep



Figura 8 – Consumo energético do setor comercial por fonte de energia em 2015
Fonte: Fonte: elaboração própria, com dados do BEN (EPE, 2016)

Consumo energético público em 2015 - 3.980 tep



*Figura 9 – Consumo energético do setor público por fonte de energia em 2015
Fonte: Fonte: elaboração própria, com dados do BEN (EPE, 2016)*

De maneira geral, portanto, tanto as residências quanto os edifícios públicos e comerciais utilizam como principal energético a eletricidade – e as estimativas do PNE 2050 apresentam tendências de crescimento deste consumo. Sendo assim, as emissões de GEE do setor de edificações possuem uma relação direta com o fator de emissão da matriz elétrica nacional, que será discutido em maior detalhe na próxima seção.

Para calcular as emissões de GEE dos edifícios brasileiros considerou-se dados do Sistema de Estimativa de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2017), e do Balanço Energético Nacional (BEN), publicado anualmente pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). O SEEG apresenta os dados de emissões por atividade econômica diferenciando nas categorias residencial, comercial, público e energia elétrica. Para encontrar então as emissões correspondentes à utilização de eletricidade em edifícios, utilizou-se os dados percentuais de consumo fornecidos pelo BEN (EPE, 2016) para os anos de 1990 a 2015.

A Figura 10 traz a evolução das emissões de carbono pelo setor de edificações, que apresentou um aumento significativo nos últimos cinco anos, devido principalmente à diminuição das fontes renováveis na matriz elétrica brasileira. Dado que as previsões para as próximas décadas são de aumento do consumo de energia elétrica em edifícios e de aumento do fator de emissão na geração elétrica, ações que minimizem o consumo, tornem o estoque nacional mais eficiente e aumentem a geração local distribuída se fazem necessárias e urgentes.

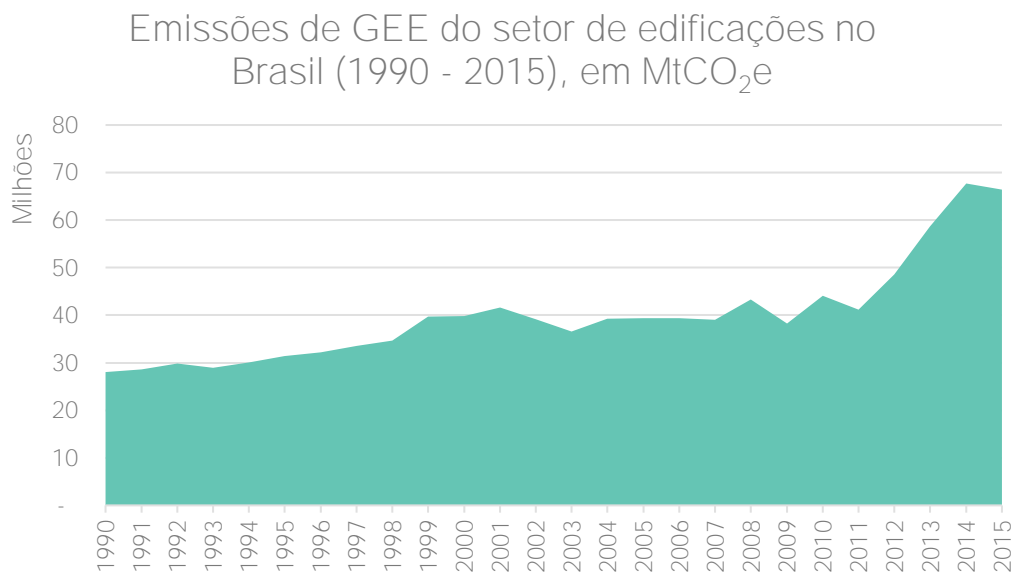


Figura 10 – Emissões de gases do efeito estufa em MtCO₂e do setor de edificações (1990 – 2015)
Fonte: elaboração própria, com dados do SEEG (2017) e do BEN (EPE, 2016)

Avaliação do impacto energético em edificações

A fim de realizar avaliações consistentes de sustentabilidade em edificações, faz-se necessário definir fatores de ponderação para identificar os impactos relativos das diversas fontes de energia. Existem assim três metodologias utilizadas na comparação de impacto do uso de diferentes energéticos no ambiente construído: por emissões de CO₂e, por fator de energia primária e por custo de energia (BORGSTEIN, 2014).

Como a hidroeletricidade e as energias renováveis representam grande parcela da geração elétrica no Brasil – um cenário muito diferente da maioria dos outros países, a comparação por cada um destes métodos proporciona resultados muito diferentes entre si. A comparação de energéticos utilizando seus fatores de emissão de CO₂e é comum em sistemas de certificação europeus, como o BREEAM – quando se tem a matriz elétrica a base de combustíveis fósseis, os fatores variam muito pouco ao longo do tempo, diferente do que ocorre na matriz brasileira (BORGSTEIN, 2014).

A Figura 11 apresenta as emissões de GEE por fontes de energia, e a variação ao longo do tempo do fator de emissão da matriz elétrica brasileira, que atingiu seus maiores valores em 2014. Os dados de emissão do óleo diesel, GLP, lenha e carvão vegetal se referem ao consumo de energia nos setores comercial, institucional e residencial, de acordo com as diretrizes do IPCC (2006) para inventários nacionais de emissões. As emissões do gás natural se referem ao valor ajustado para o gás encanado entre os anos de 2002 a 2015 trazido pelo SEEG (2016), e os fatores médios de emissão da eletricidade são disponibilizados mensalmente pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2017).

No Brasil, o Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E) vem desenvolvendo estudos e propostas para a consideração das emissões de CO₂ e de energia primária nos métodos de avaliação de eficiência energética em edificações (CB3E, 2016). A proposta de aplicação da avaliação de emissões de CO₂ está ilustrada na Figura 12.

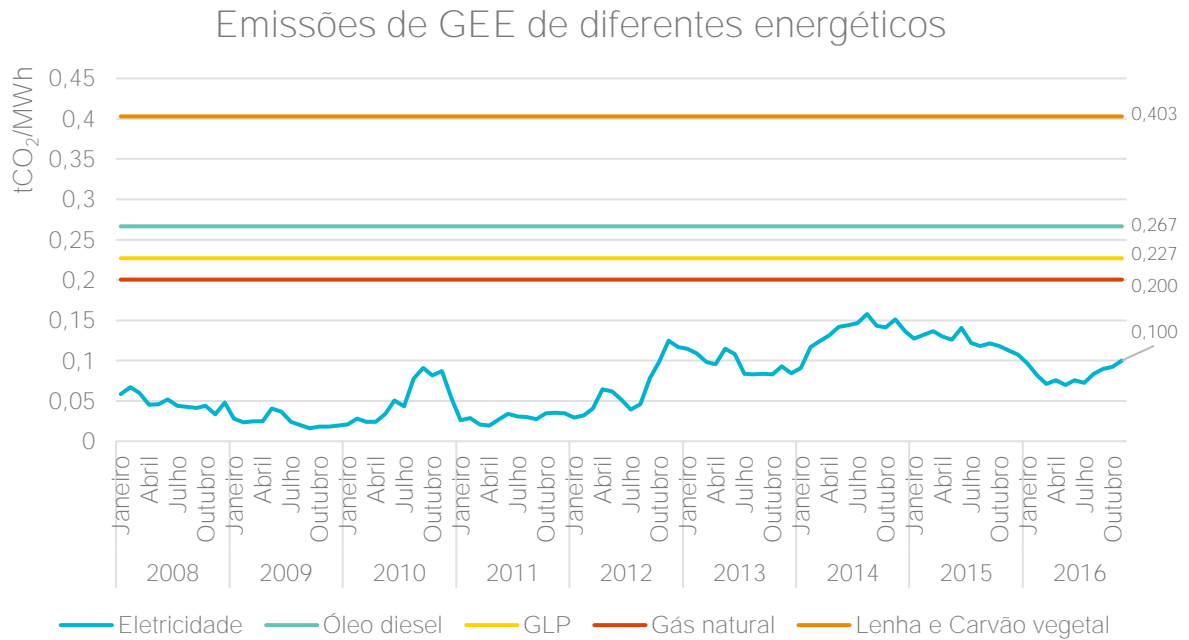


Figura 11 – Fatores de emissão de diferentes fontes de energia
Fonte: elaboração própria, com dados do IPCC (2006), SEEG (2016) e MCTI (2017)

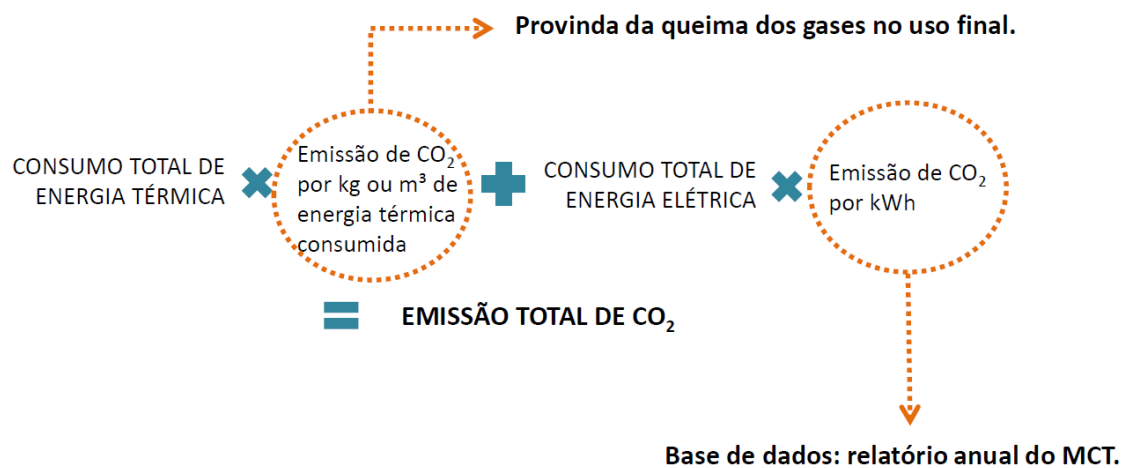


Figura 12 – Método de aplicação na avaliação de EE considerando emissões de CO₂
Fonte: CB3E (2016)

Outra maneira de se avaliar o impacto energético de edifícios é considerar o conceito de energia primária, como é adotado pelos Estados Unidos no *Energy Star Portfolio Manager* (BORGSTEIN, 2014). Conceitualmente, energia primária são as formas de energia disponíveis na natureza que ainda não foram submetidas a quaisquer processos de conversão ou transformação – quando ela não é utilizada diretamente, pode ser transformada em fontes de energia secundárias, como eletricidade e calor, por exemplo.

O cálculo dos fatores de conversão de energia primária – definida como a energia que engloba todas as suas perdas na produção, transmissão e entrega – permite a avaliação da eficiência energética de edificações dentro do contexto energético no qual elas estão inseridas (CURSINO, 2011).

A Tabela 1 apresenta os fatores de conversão de energia primária utilizados na metodologia proposta pelo CB3E (2016). Observa-se que as maiores perdas ocorrem com a eletricidade, que representa uma média de valores dos últimos 5 anos apresentados no BEN 2016. Na metodologia proposta pelo CB3E (2016), os sistemas avaliados – envoltória, iluminação, condicionamento de ar e aquecimento de água – resultam em consumo de energia elétrica ou térmica, e as principais fontes de energia são convertidas para energia primária para que possam ser somadas e avaliadas. A Figura 13 ilustra o método de aplicação de consideração de energia primária para edifícios residenciais e comerciais.

Tabela 1 – Fatores de energia primária para combustíveis comuns utilizados em edificações utilizados pelo CB3E
Fonte: CB3E (2016)

Combustível	Eletricidade	Gás natural	GLP	Óleo diesel
Fator de energia primária	1,6	1,1	1,1	1,1

Obs. O fator de conversão para a eletricidade calculada refere-se à média dos últimos 5 anos apresentados no BEN 2016.

Residencial e comercial

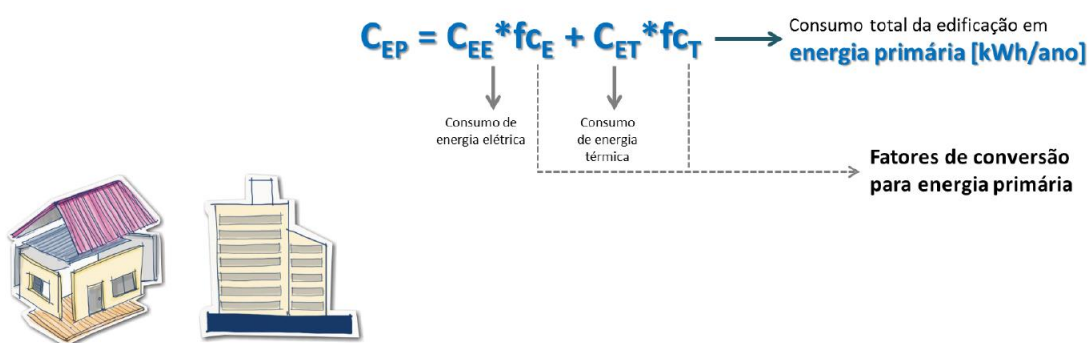


Figura 13 – Método de aplicação na avaliação de EE considerando energia primária
Fonte: CB3E (2016)

Para a lenha, que possui participação expressiva no consumo residencial brasileiro, não se consideram perdas na sua transmissão ou distribuição, e por isso seu fator de conversão é igual a 1,00. Apesar de fornecer uma nova visão sobre a eficiência do setor energético e do uso de energia em edifícios, a base técnica deste fator é teórica e não necessariamente corresponde a impactos físicos e ambientais reais (BORGSTEIN, 2014).

Paralelamente à avaliação por energia primária, pode-se inserir também uma avaliação em relação ao Retorno sobre Energia Investida. O conceito de Retorno sobre Energia Investida é formulado como a relação entre a energia disponibilizada para a sociedade e a energia requerida para obter a energia disponibilizada. De acordo com Pacheco et al (2013), a análise deste conceito é a necessidade tecnológica mais citada na revisão da matriz energética. A Figura 14 apresenta o desempenho de diferentes fontes de energia para a transição de matriz energética segundo Kessides e Wade (2010).

CARACTERÍSTICAS	PETRÓLEO	GÁS	CARVÃO	NUCLEAR	HIDROELÉTRICA	EÓLICA	SOLAR
Densidade de energia	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Baixa
Longevidade	Décadas	Décadas	Séculos	Séculos	Ilimitada	Ilimitada	Ilimitada
Pegada de carbono	Pesada	Pesada	Pesada	Irrisória	Irrisória	Irrisória	Irrisória
Escalabilidade	Alta	Alta	Alta	Alta	Moderada	Moderada	Moderada
Retorno sobre energia investida	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixo

Figura 14 – Características de diferentes fontes de energia para geração de eletricidade

Fonte: PACHECO et al (2013)

A comparação entre os energéticos utilizando seus custos é comum dada a relação direta entre as economias de energia e benefícios financeiros. Esta abordagem é utilizada na certificação LEED (*Leadership for Energy Efficient Design*) para novas construções, o que permite conhecer os custos energéticos logo no início de projeto (BORGSTEIN, 2014). Entretanto, existem muitas variações nos custos energéticos devido à localização geográfica, a motivos geopolíticos e à disponibilidade no mercado nacional.

A Figura 15 mostra o histórico dos preços correntes para os principais energéticos utilizados no setor de edificações, e a tendência crescente de aumento do custo por barril equivalente de petróleo (bep). Em termos de avaliação de impactos ambientais e energéticos, entretanto, uma comparação por custos normalmente não os

reflete, dada a natureza dos motivos que interferem no preço de energia. Sendo assim, este tipo de comparação é interessante nos casos de elaboração de análises relacionadas aos retornos financeiros de medidas de eficiência energética (MEEs) (BORGSTEIN, 2016).

Preços correntes de fontes de energia em US\$/bep (1973-2015)

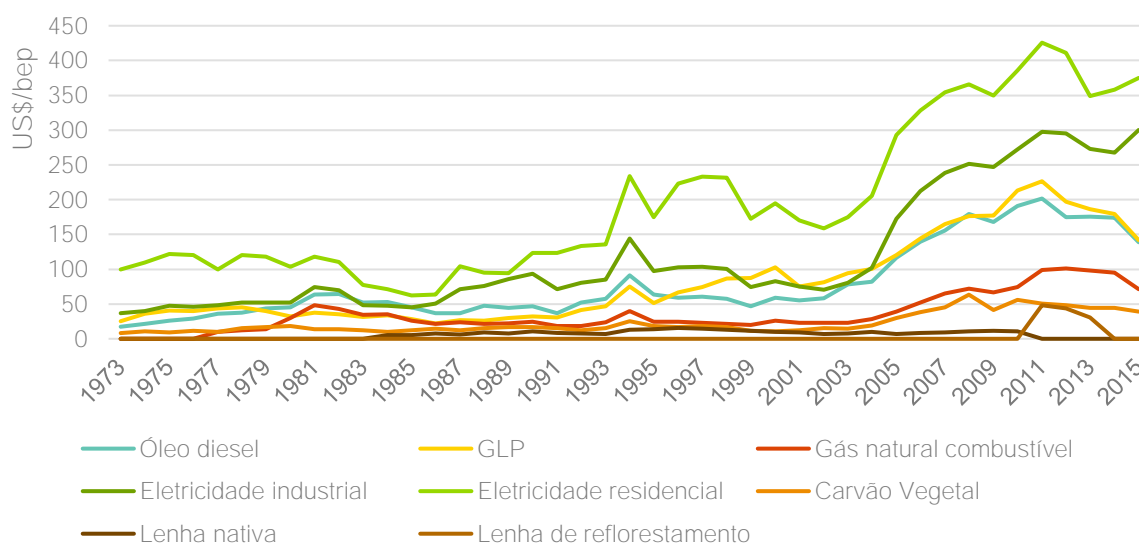


Figura 15 – Preços correntes de diferentes fontes de energia em US\$/bep, de 1973 a 2015

Fonte: elaboração própria, com dados do BEN (EPE, 2016)

Obs.: Dólar corrente convertido a dólar constante de 2010 pelo IPC (CPI-U) dos Estados Unidos.

2.2 Energia e CO₂ na matriz elétrica

A maior parte do CO₂ emitido pelos edifícios é proveniente do uso de eletricidade – dessa forma, depende diretamente dos fatores de emissão da matriz energética local (global, regional, nacional, etc). O fator de emissão de CO₂ associado à geração de eletricidade reflete a participação das diferentes fontes fósseis de energia usadas como combustíveis, normalmente em usinas termelétricas. No Brasil, os fatores de emissão calculados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) são publicados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) desde 2006.

Apesar de, historicamente, o Brasil contar com um parque elétrico renovável², dada a grande quantidade de usinas hidroelétricas, a análise histórica dos dados sugere uma tendência de crescimento nas emissões de GEEs (Figura 16). A predominância da hidroeletricidade na matriz a partir do final da década de 1970 trouxe consigo a

² Considerando apenas as emissões associadas ao CO₂, o fator de emissão brasileiro é aproximadamente 7 vezes menor do que a média mundial (Brasil – 0,0926 kgCO₂/kWh e Média Global – 0,6235 kgCO₂/kWh) (VIEIRA, 2016).

sensibilidade climática ao sistema elétrico: nos períodos de estiagem se faz necessária a operação de usinas termelétricas, que tem um elevado custo de geração por megawatt-hora e altos índices de emissões de GEE e poluentes (VIEIRA, 2016).

Fatores de Emissão Médio Mensais

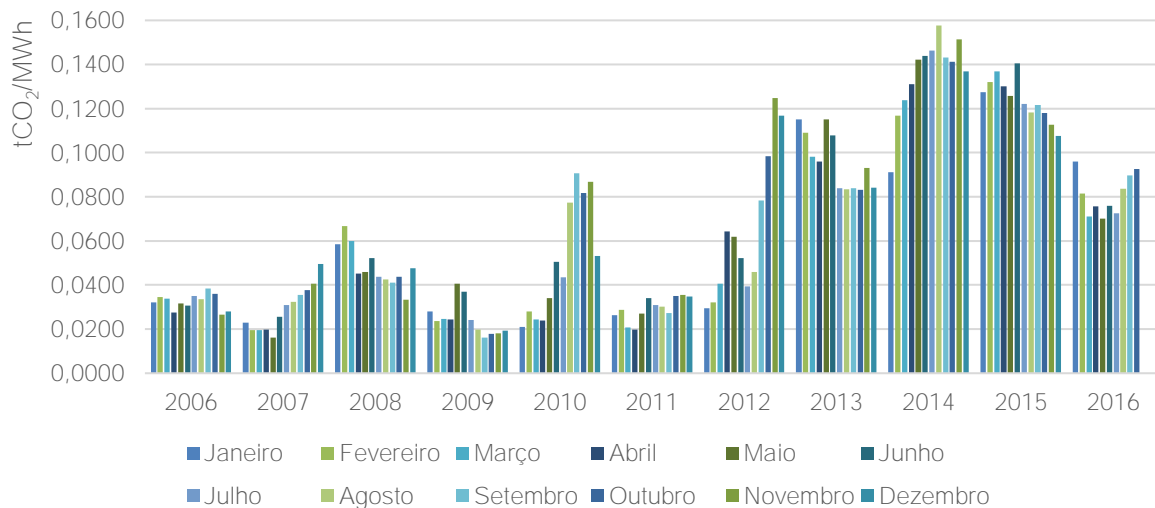


Figura 16 – Fatores de emissão médio mensais em tCO₂/MWh, de 2006 a 2016
 Fonte: elaboração própria, com dados do MCTI (2017)

Além da sazonalidade de períodos secos e úmidos, épocas de retomada econômica, como houve em 2010, e de contínuo aumento da demanda nacional por energia elétrica fazem com que mais termelétricas sejam ativadas, e assim elevam os fatores de emissão nacional. Embora esse aumento seja atribuído à crise hídrica nos últimos anos, que atingiu principalmente as regiões sul e sudeste do país, observa-se na verdade um aumento da dependência de eletricidade de origem térmica (CURSINO, 2015). Desde fins de 2012 o ONS despacha todo o parque térmico flexível, que como foi concebido para atuar apenas esporadicamente, acaba onerando todo o sistema com custos insustentáveis. A Figura 17 ilustra o aumento da participação da geração térmica no atendimento da carga do SIN, que saltou de uma média de 9% até 2012 para 23% em 2015 (ROMEIRO et al, 2015).

Os dados de operação do SIN pelo ONS e as previsões do Plano Nacional de Energia da EPE, dispostos no gráfico da Figura 18, sugerem que a energia máxima armazenável das hidroelétricas brasileiras não acompanhou o incremento da carga de energia da última década, e não existe expectativa de que ela volte a acompanhar, independentemente dos fenômenos meteorológicos (CURSINO, 2015). De fato, a expansão hídrica se defronta hoje com inúmeros obstáculos: a maior parte do aproveitamento hídrico remanescente concentra-se na região Amazônica, caracterizada por potenciais de baixa queda e altas vazões apenas no período chuvoso, além das questões socioambientais próprias, dificultando assim a construção de grandes reservatórios. Este potencial remanescente, portanto, deverá ser aproveitado com

usinas a fio d'água, sem armazenamento de energia, o que agrega ainda mais energia intermitente à matriz elétrica (ROMEIRO et al, 2015).

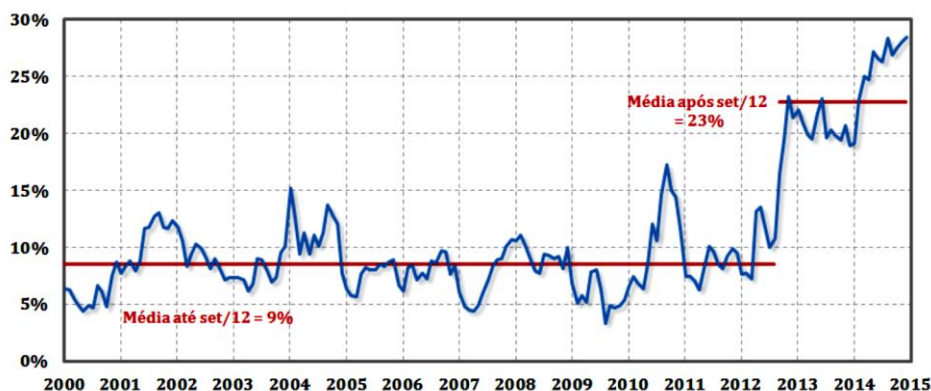


Figura 17 – Participação da Geração Térmica no Total da Carga do SIN (%)
Fonte: ROMEIRO et al (2015)

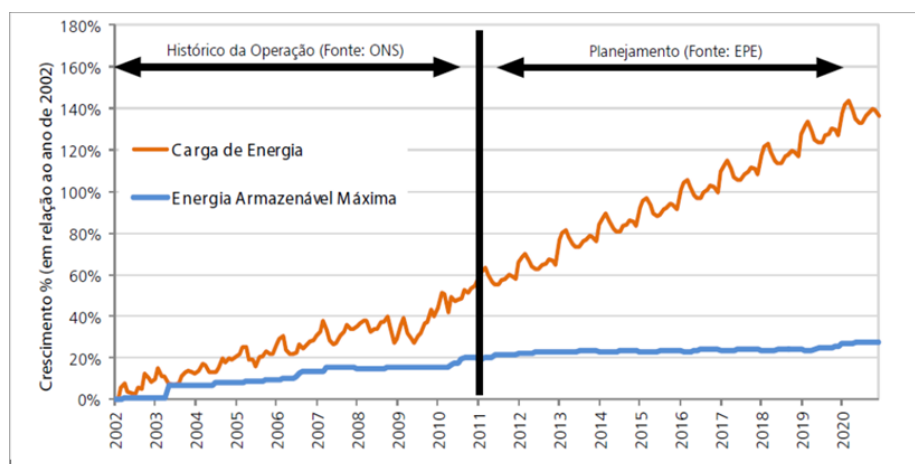


Figura 18 – Análise histórica da carga de energia do SIN e da energia armazenável máxima nos reservatórios
Fonte: CURSINO (2015)

A expansão dos parques geradores de energia elétrica se deu, historicamente, pela escolha das plantas de menor custo – método internacionalmente consagrado de custo nivelado (ou LCOE, na sigla em inglês), que resulta no custo por quilowatt-hora da construção e operação da planta ao longo de seu ciclo de vida. Entretanto, dada a maior diversidade tecnológica atual de geração, o método LCOE revela-se incapaz de confrontar fontes despacháveis (controláveis) com fontes de energia intermitentes (ROMEIRO et al, 2015).

São consideradas fontes intermitentes a eólica e a solar fotovoltaica. Comparativamente, estima-se que em intervalos de 30 minutos a variabilidade da geração solar fotovoltaica seja aproximadamente dez vezes maior do que a variabilidade da geração eólica. As fontes não controláveis pelo ONS podem ser agrupadas em: (1)

eólica, solar, biomassa e PCH; (2) usinas a fio d'água; e (3) geração térmica mínima, relacionada à inflexibilidade contratual das usinas (TOLMASQUIM, 2016).

O parque gerador de energia elétrica à disposição do ONS possui 152 GW de potência instalada, com 4628 empreendimentos em operação (ANEEL, 2017). A Figura 19 apresenta a Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) por fonte em 2015 e 2016 (até outubro). As fontes renováveis representaram 82,4% do total em 2016, um pouco mais do que sua participação em 2015, devido principalmente ao incremento da geração hidráulica e a retomada dos reservatórios, de geração eólica e por biomassa.

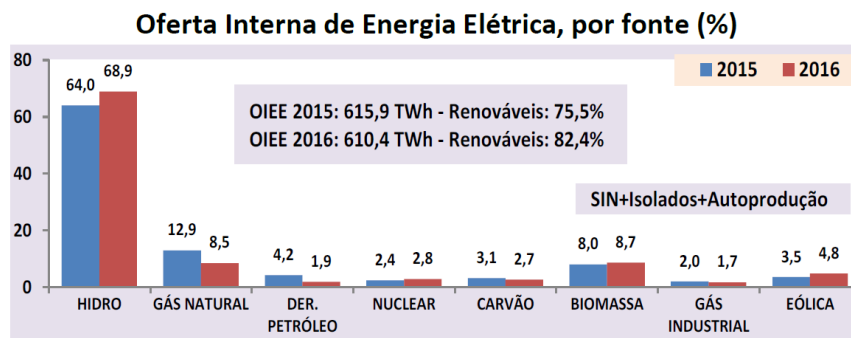


Figura 19 – Oferta Interna de Energia Elétrica por fonte em 2015 e 2016
Fonte: Boletim Mensal de Energia (MME, 2016)

A análise das variações da curva de carga do SIN ao longo do ano, verificadas na Figura 20, mostram que a demanda de energia é significativamente menor no inverno do que no verão, quando a demanda por refrigeração é elevada. Entretanto, embora a maior demanda de energia do SIN ocorra no período úmido (verão), a maior demanda a ser atendida por fontes controláveis ocorre no período seco (inverno), dada a baixa nos reservatórios das hidrelétricas. Neste contexto, outras fontes renováveis que possuem perfil de geração superior no período seco devem então contribuir para essa complementação de carga, como as eólicas e termelétricas a biomassa.

A Figura 21 apresenta o mercado total e as parcelas correspondentes a cada fonte de geração não controlável – define-se mercado líquido como o mercado remanescente a ser atendido por fontes controláveis. Um novo equilíbrio será estabelecido: haverá um maior deplecionamento dos reservatórios no período seco, tradicionalmente marcado por baixa afluência e maior acionamento de termelétricas, e nos meses de maior afluência o mercado de fontes controláveis tende a ser reduzido, aumento a possibilidade de maior enchimento dos reservatórios e também de vertimentos (TOLMASQUIM, 2016).

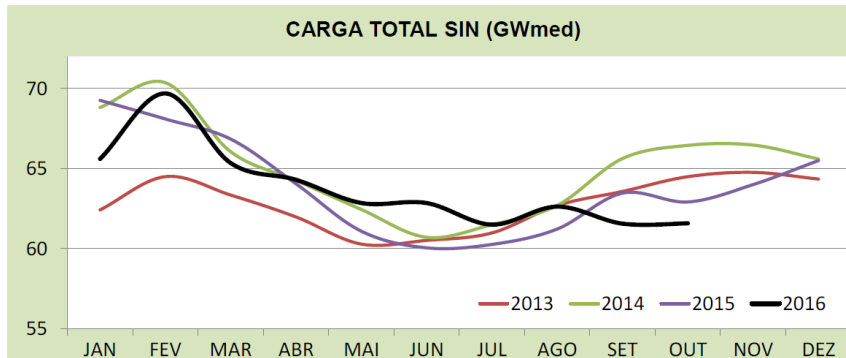


Figura 20 – Carga Total do SIN de 2013 a 2016
Fonte: Boletim Mensal de Energia (MME, 2016)

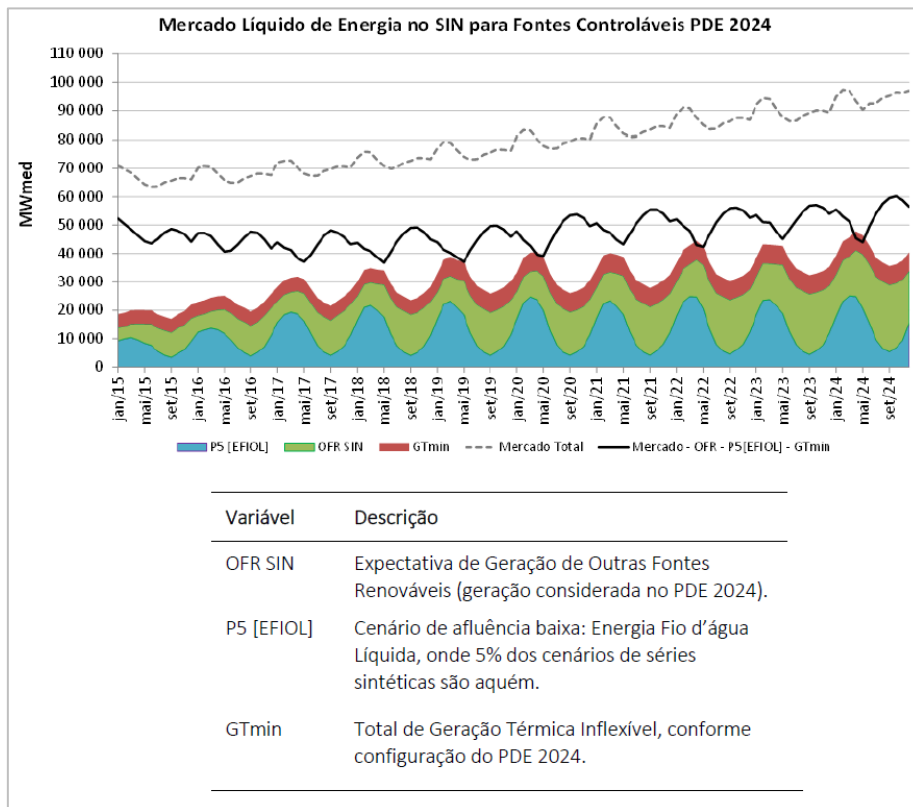


Figura 21 – Mercado Líquido de Energia do SIN para fontes controláveis
Fonte: TOLMASQUIM (2016)

A análise das curvas de demanda horária do SIN e dos fatores de emissão na margem (pelo método de análise de despacho) permitem traçar relações importantes entre a demanda por refrigeração nos edifícios, que correspondem a praticamente metade de todo o consumo de eletricidade, e o despacho das usinas termelétricas. As figuras Figura 22 e Figura 23 trazem a evolução da curva horária de demanda no SIN para uma semana típica de verão e de inverno, de 2000 a 2014. Para tal, atendeu-se as seguintes condições: (a) não há feriados na semana escolhida; (b) a semana escolhida no verão, preferencialmente, é a que ocorreu recorde de demanda; (c) a semana escolhida no inverno, preferencialmente, é que ocorreu a demanda média mais baixa.

Algumas mudanças no perfil de consumo podem ser observadas a partir das curvas de carga. Primeiro, nota-se o aumento da demanda ao longo dos anos, em parte explicado pelo aumento da posse de equipamentos condicionadores de ar nos setores residencial e comercial e ao crescimento populacional e econômico. No verão, ocorre o deslocamento da ponta para a tarde, devido principalmente ao consumo de refrigeração, e no inverno ela se mantém no horário clássico (três horas consecutivas entre às 17h e 21h). A redução da carga no horário de ponta pode ter se dado por fatores como o gerenciamento de carga no horário de ponta clássico (autogeração), alterações no expediente do setor comercial e industrial, o próprio horário de verão, e o aumento da geração distribuída (EPE, 2015).

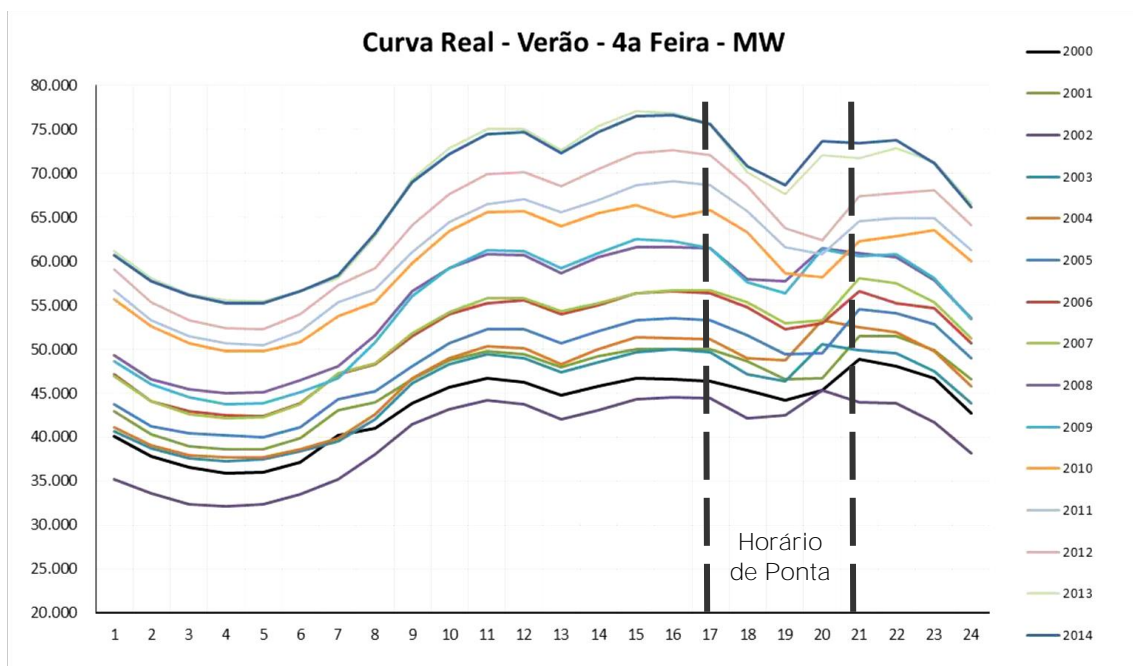


Figura 22 – Evolução da Curva de Carga Diária do SIN no verão, de 2000 a 2014
 Fonte: EPE (2015)

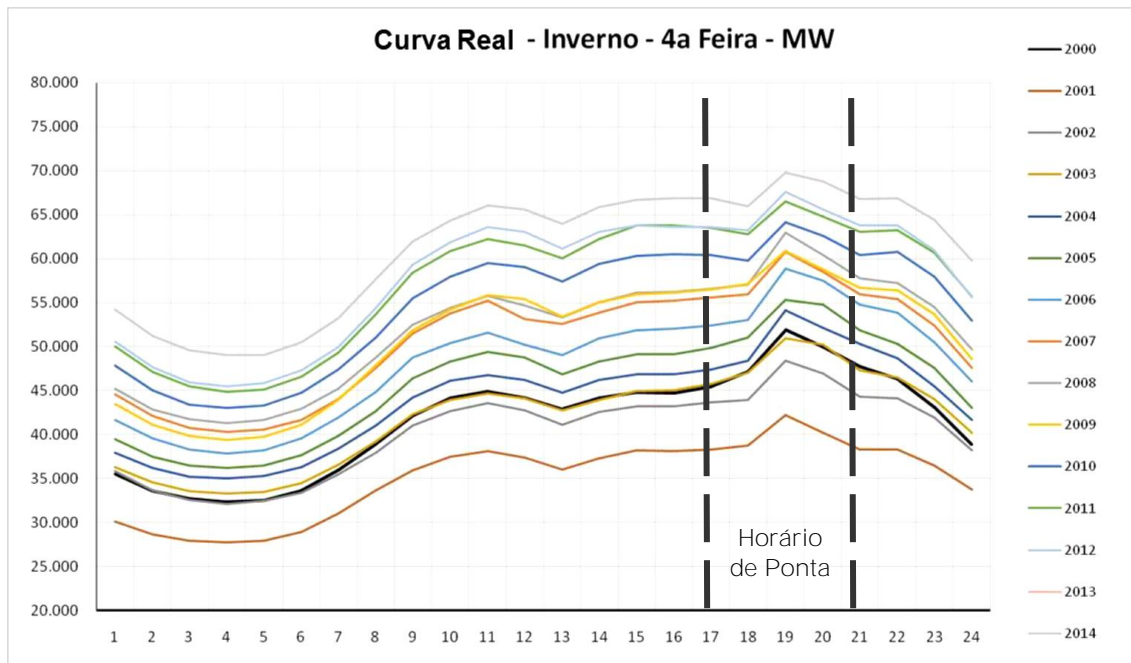


Figura 23 – Evolução da Curva de Carga diária do SIN no inverno, de 2000 a 2014
 Fonte: EPE (2015)

Os fatores de emissão de CO₂ resultantes da geração de eletricidade verificada no SIN são calculados a partir dos registros de geração das usinas despachadas centralizadamente pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e, em especial, das usinas termelétricas. O método mais acurado na determinação do fator de emissão da margem de operação é por análise dos dados do despacho. De maneira sucinta, ele é uma combinação de um fator de emissão da margem de operação (OM), que reflete a intensidade das emissões de CO₂ da energia despachada na margem, com um fator de emissão da margem de construção (BM), que reflete a intensidade das emissões de CO₂ das últimas usinas construídas:

- Fatores de emissão na margem de operação (OM): é calculado para cada submercado (Norte, Nordeste, Sul e Sudeste/Centro-Oeste) a cada hora, a partir do valor de energia despachada de cada usina, dos custos de geração de cada usina (prioridade de despacho), dos intercâmbios horários com os submercados vizinhos e dos fatores de emissão das usinas termelétricas. A ordem de despacho para um submercado é: usinas hidrelétricas, eólicas, nucleares, importações de outros sistemas em ordem crescente de custo, e usinas termelétricas em ordem crescente de custo de geração.
- Fator de emissão da margem de construção (BM): fator de emissão médio do conjunto de usinas mais novas de cada submercado, que deve conter no mínimo cinco usinas e 20% da capacidade instalada do submercado. Ele é calculado e disponibilizado anualmente.

Fatores de emissão - Verão

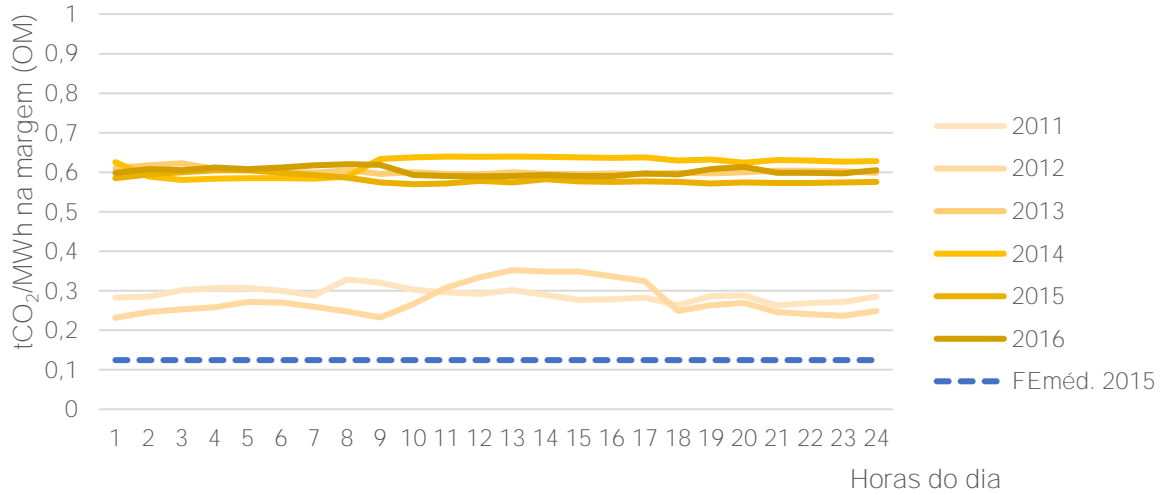


Figura 24 – Fatores de emissão na margem de operação (OM) em uma semana típica de verão, comparação com fator médio mensal de 2015

Fonte: elaboração própria, com dados do MCTI (2017)

Fatores de emissão - Inverno

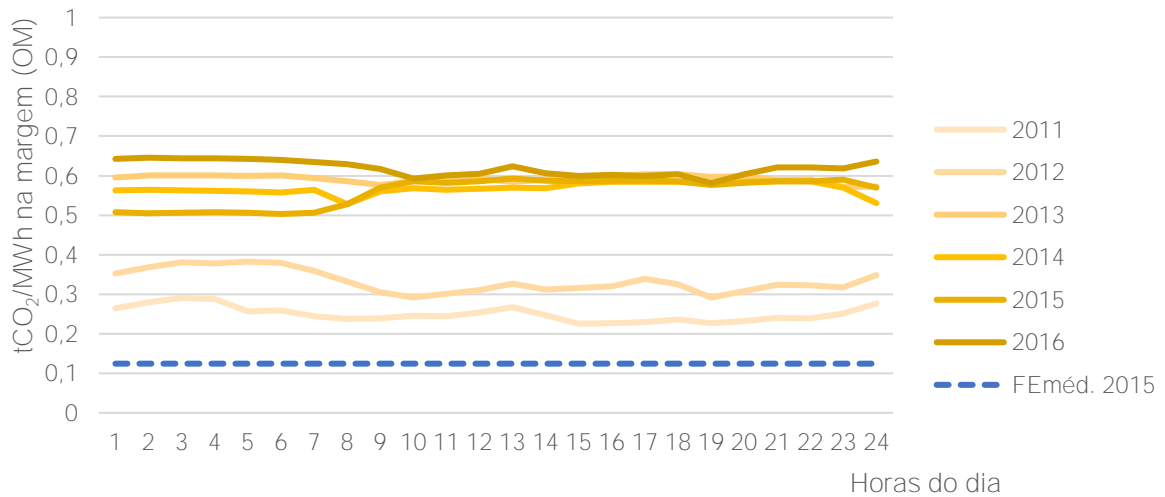


Figura 25 – Fatores de emissão na margem de operação (OM) em uma semana típica de inverno, comparação com fator médio mensal de 2015

Fonte: elaboração própria, com dados do MCTI (2017)

Para uma melhor visualização da relação entre demanda horária e os fatores de emissão na margem, foram selecionadas duas semanas típicas de verão e de inverno para os anos de 2011 a 2016, seguindo os mesmos critérios adotados na análise das curvas de demanda horária do SIN (Figura 24 e Figura 25). Os valores encontrados confirmam a ativação de termelétricas a combustíveis fósseis ao longo de todo o dia,

para dar conta das cargas do SIN, e também a constatação dos altos valores de emissão durante o inverno, quando se tem menor disponibilidade hídrica – os fatores de emissão horário durante o inverno apresentaram inclusive mais variações e picos do que a semana de verão. A evolução histórica dos fatores de emissão na margem confirma também a maior participação de termelétricas a combustíveis fósseis na geração elétrica a partir, principalmente, de 2013.

Por fim, os gráficos apresentados por Vieira (2016) acabam por confirmar a correlação entre a geração de energia térmica, o aumento dos fatores de emissão na margem, e a tendência crescente e preocupante do uso de energéticos intensivos em emissão de carbono na matriz elétrica brasileira.

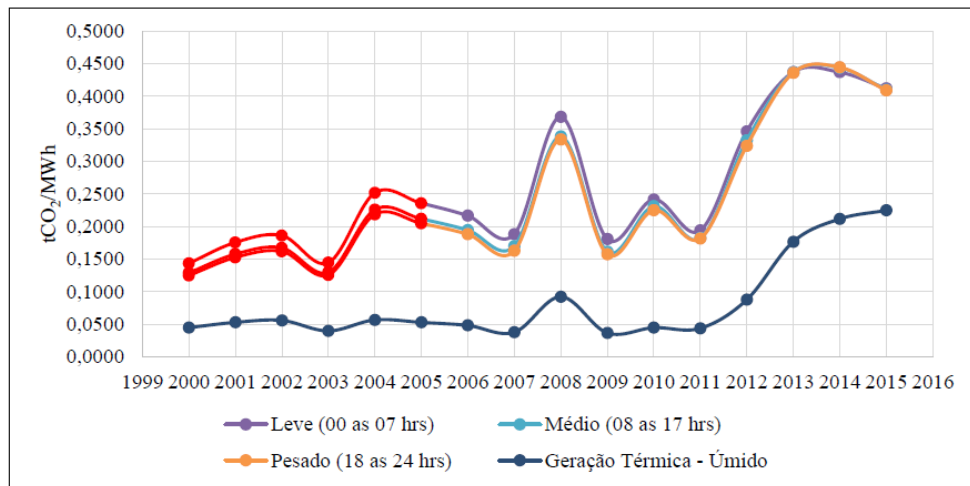


Figura 26 – Correlação dos fatores horários de emissão no período úmido
Fonte: VIEIRA (2016)

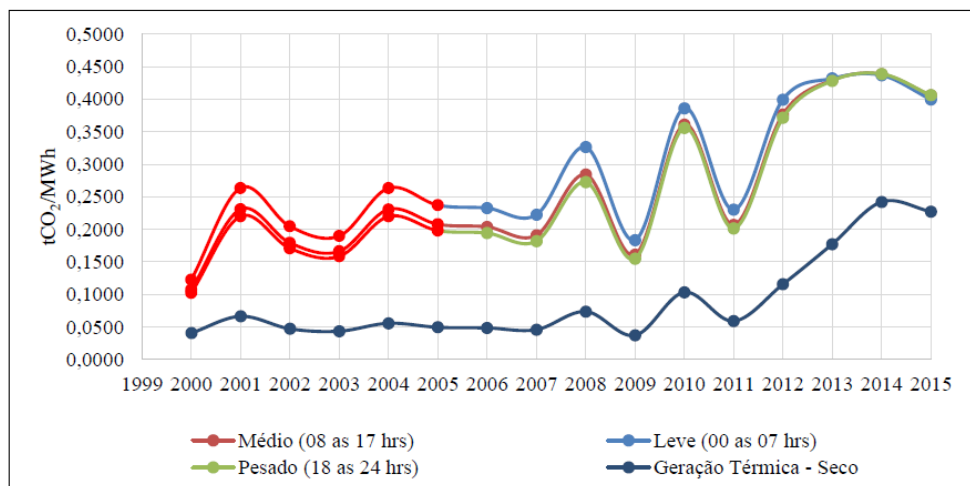


Figura 27 – Correlação dos fatores horários de emissão no período seco
Fonte: VIEIRA (2016)

2.3 Políticas de mudanças climáticas

As mudanças climáticas são um assunto cada vez mais urgente e discutido internacionalmente, e alguns de seus efeitos já começaram a ser observados. A análise das temperaturas globais registradas ao longo dos anos mostra uma curva crescente (Figura 28), que teve 2016 como o ano mais quente já registrado na história (ABRAHAM, 2016). No Brasil, as mudanças de temperatura já mostraram impactos: as altas temperaturas de fevereiro de 2014 resultaram em um aumento significativo na compra de equipamentos de condicionamento ambiental e registro de novos picos e recordes de demanda de energia registrados no NOS (CBCS, 2014).

Desde que foi criada em 1992, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês) reuniu países num esforço para estabilizar as concentrações de GEE na atmosfera a um nível que não interfira perigosamente no sistema climático global. As conferências da UNFCCC ocorrem todo ano e discorrem sobre as mudanças climáticas antropogênicas e as formas de combatê-las. O primeiro marco neste sentido foi o conhecido Protocolo de Kyoto, assinado em 1997 e que trouxe compromissos reais para os países signatários.

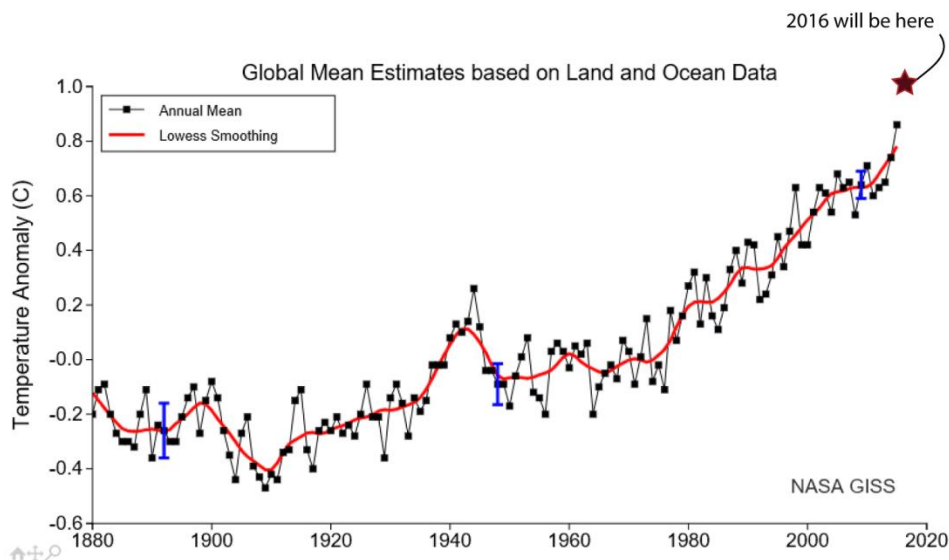


Figura 28 – Variações nas temperaturas globais anuais
 Fonte: J.P. Abraham, *The Guardian*, 2016

O Brasil, sendo um país signatário da Convenção, instituiu em 2009 a Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC) através da Lei 12.187, que tem como um de seus objetivos a busca pela compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a proteção do sistema climático e a redução das emissões de GEE. Entretanto, as ações reais decorrentes da PNMC visando a transformação da economia brasileira ainda não haviam decolado em 2013, como observa um estudo do Greenpeace (2013).

Na última edição da Conferência das Partes da UNFCCC, conhecida como COP-21, realizada em Paris, ocorreu a adoção de um acordo climático, o Acordo de Paris, ratificado pelos 195 países integrantes. O Acordo de Paris representa um marco na história da luta contra o aquecimento global, equiparável ao relatório Brundtland, ao Rio-92 e ao protocolo de Kyoto. Foi a primeira vez que tantos países ratificaram um acordo climático e contou com a inédita adesão da China e dos Estados Unidos, responsáveis por 20% e 18% das emissões de GEE globais, respectivamente (GRAY, 2016).

A meta do acordo é impedir que as temperaturas ultrapassem 2°C em relação às temperaturas pré-industriais ou, se possível, impedir que ultrapassem 1,5°C. Para isso, cada país criou seu próprio plano de metas intencionadas, conhecido como **“pretendida contribuição nacionalmente determinada” (iNDC, na sigla em inglês)**, no qual indicou o esforço que está disposto a fazer para contribuir com o objetivo último da Convenção. Após o estabelecimento das metas nacionais no acordo, os iNDCs se confirmaram e se tornaram NDCs, simbolizando assim a oficialização das contribuições.

As NDCs cobrem o período pós-2020 e são juridicamente vinculantes no plano internacional. Além disso, todas as políticas, medidas e ações para implementar a NDC brasileira são conduzidas no âmbito da PNMC. No Brasil, o texto do acordo foi aprovado pela Câmara dos Deputados em julho de 2016, pelo Senado Federal em agosto, e assinado e ratificado pelo Presidente da República no dia 12 de setembro de 2016. A NDC brasileira estabelecida visa reduzir as emissões de gases de efeito estufa para o ano de 2025 em 37% abaixo dos níveis de 2005, e para 2030 em 43% (Figura 29), e para tal levou em consideração iniciativas para os três setores com maior participação nas emissões nacionais: Mudança do Uso da Terra e Florestas, Energia e Agropecuária (MMA, 2017).

No setor energético, foi estabelecido que 45% da geração deve ser a partir de fontes renováveis em 2030 (WORLD BANK GROUP, 2016; MMA, 2017), incluindo:

- Expandir o uso de fontes renováveis, além da energia hídrica, na matriz total de energia para uma participação de 28% a 33% até 2030;
- Expandir o uso doméstico de fontes de energia não fóssil, aumentando a parcela de energias renováveis (além da energia hídrica) no fornecimento de energia elétrica para ao menos 23% até 2030, inclusive pelo aumento da participação de eólica, biomassa e solar;
- Alcançar 10% de ganhos de eficiência no setor elétrico até 2030.

A partir do desenvolvimento da iNDC foi criado o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA), em maio de 2016. Trata-se de um documento com diretrizes e planos de ações para construir uma agenda nacional de adaptação às mudanças climáticas com um prazo de quatro anos. Foram consultados o setor privado, comunidade científica, órgãos públicos, entre outros, englobando 11 temas: agricultura, cidades, recursos hídricos, povos e populações vulneráveis, segurança alimentar e nutricional, biodiversidade e ecossistemas, gestão de risco aos desastres, indústria e mineração, infraestrutura, saúde e zonas costeiras. É por meio do PNA que a visão brasileira para ações de adaptação compreende integrar a gestão da vulnerabilidade e riscos climáticos às políticas e estratégias públicas, assim como ampliar a coerência das

estratégias de desenvolvimento nacional e locais com medidas de adaptação (MMA, 2017).



*Figura 29 - Metas do Brasil para a redução das emissões de carbono
Fonte: MMA (2017)*

O PNA foi desenvolvido tendo como base estratégias setoriais e temáticas. A Estratégia de Infraestrutura engloba o desenvolvimento dos setores de Transportes, Mobilidade Urbana e Energia. No que diz respeito ao setor energético, o PNA indica aspectos do sistema elétrico que devem ser considerados ao analisar os impactos da mudança do clima sobre o sistema elétrico (MMA, 2016a, pág. 136):

- Impacto da inserção de novas tecnologias, como por exemplo, veículos elétricos e políticas de eficiência energética;
- Impacto dos futuros padrões de consumo em construções residenciais e comerciais (**habitações e prédios “inteligentes”**);
- Penetração de tecnologias, como as redes inteligentes e linhas de transmissão de ultratensão;
- Maior penetração da geração distribuída por diferentes fontes, a exemplo da geração fotovoltaica em telhados de edificações;
- Autoprodução de energia elétrica por grandes consumidores, utilizando-se de fontes renováveis e fósseis, como no caso da cogeração a gás natural.

Além destes aspectos relacionados a geração e consumo de energia, a Estratégia de Cidades estabelece em suas diretrizes prioritárias a necessidade da revisão das normas técnicas e regulamentação de parâmetros edilícios e urbanísticos,

em busca de uma maior resiliência e sustentabilidade nas novas construções (MMAb, 2016).

Dado o contexto mais recente do setor de energia, existe hoje um enorme potencial de atuação nacional e local quanto à redução das emissões de carbono em edificações, amparado internacionalmente pela NDC brasileira e nacionalmente pelo PNA. A busca pela eficiência do estoque de edifícios e pela redução de suas emissões pode contribuir significativamente para o alcance das metas estabelecidas.

Atualmente, ao contrário do que se vê na União Europeia e nos Estados Unidos da América, o Brasil ainda não possui uma política ou programa de promoção ativa de edifícios zero energia ou zero carbono (PACHECO, 2014). A fim de ajudar os países a alcançarem suas metas definidas no Acordo de Paris, a organização Architecture 2030 preparou um *roadmap* com diretrizes e ações que podem ser tomadas rumo a esses objetivos (ARCHITECTURE 2030, 2014), tanto para novas edificações quanto para edifícios existentes. Propõe-se para países em desenvolvimento:

- i. Projetar novos edifícios e grandes reformas³ para reduzir sua intensidade de uso energético local⁴ (*site EUI*, na sigla em inglês) em 80% da média nacional por tipologia em 2020, 90% em 2025 e tornar-se carbono-neutro⁵ em 2030;
- ii. Para edifícios existentes, renovar um mínimo de 1,5 a 2% do estoque nacional de edificações todo ano para atingir um EUI 50% menor que o atual.

2.4 Programas de eficiência energética em edificações

De maneira complementar aos esforços nacionais de combate às mudanças climáticas, as políticas e programas de eficiência energética representam instrumentos fundamentais na busca da redução das emissões de CO₂. Esta subseção tem por objetivo levantar os principais planos e programas nacionais para a racionalização do uso de energia.

³ O termo “grandes reformas” refere-se a uma reforma extensiva que permite que o edifício atenda as metas para novos edifícios (ARCHITECTURE 2030, 2014).

⁴ De acordo com a definição da Architecture 2030 (2014), a intensidade de uso energético local (*site EUI*) refere-se à quantidade de energia consumida no próprio edifício medida em kW/m²/ano. As metas de redução de EUI local são atingidas através da implementação de estratégias e práticas de eficiência de zero e baixo custo, e através da geração de energia renovável no próprio local ou importação de energia não emissora de CO₂.

⁵ Um edifício carbono-neutro é definido como uma edificação projetada e construída para requerer quantidade reduzida de energia em sua operação, alcançando o equilíbrio de suas necessidades energéticas a partir de fontes não emissoras de carbono e resultando em zero emissões de CO₂ (ARCHITECTURE 2030, 2014).

Plano Nacional de Eficiência Energética

O arcabouço legislativo que apoia e incentiva a efficientização no uso de energia elétrica começou a ser criado como uma resposta as crises do petróleo mundiais na década de 1970. O primeiro esforço nacional enquanto política foi o Programa CONSEVE, criado em 1981 por meio da Portaria MIC/GM46, e que tinha por objetivo a promoção da conservação de energia na indústria, ao desenvolvimento de produtos e processos energeticamente mais eficientes, e ao estímulo à substituição de energéticos importados por fontes alternativas autóctones.

O desenvolvimento de leis e regulamentações no tema continuou desde então, dando origem ao Programa Nacional de Energia Elétrica (PROCEL) em 1985, à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 1996 e à Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 2004. O marco regulatório da promoção da eficiência energética foi então a promulgação da Lei da Eficiência Energética (EE), através da Lei Nº 10.295/2001, na qual determinou-se que cabe ao Poder Executivo desenvolver mecanismos para a promoção da EE nas edificações construídas no país. O Decreto Nº 4.059/2001 regulamentou então a Lei da Eficiência Energética, determinando os procedimentos para o estabelecimento dos indicadores e dos níveis de EE.

Mais recentemente o Ministério de Minas e Energia publicou o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), em 2011, que apresenta um diagnóstico do uso de energia no Brasil, sob o ponto de vista da eficiência, e propostas de ações para resolver os problemas identificados e aumentar a abrangência e eficácia das ações em andamento atualmente.

Eficiência Energética (EE), segundo o PNEf, é definida como “ações de diversas naturezas que culminam na redução de energia necessária para atender as demandas da sociedade por serviços de energia na forma de luz, calor/frio, acionamento, **transporte e uso em processos**” – ou seja, é o atendimento das necessidades da economia com o menor uso de energia primária. Em edificações, o potencial de redução de consumo de energia elétrica estimado é de 30% com a implementação de MEEs nos sistemas de iluminação, ar condicionado e intervenções arquitetônicas na envoltória em edifícios existentes, e 50% para novos edifícios, de acordo com o Procel Edifica.

Procel e PBE Edifica

O Procel, criado em 1985 pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, foi gerido por uma Secretaria Executiva subordinada à Eletrobras até 1991, quando foi transformado em um Programa de Governo, tendo sua abrangência e responsabilidade ampliadas. Ele é ainda hoje o maior programa nacional de **racionalização e redução do uso de energia elétrica, e tem por missão “promover a eficiência energética, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população e eficiência dos bens e serviços, reduzindo os impactos ambientais”**.

Na mesma época da criação do Procel, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) iniciou uma discussão com a sociedade sobre a importância da conservação da energia e da informação os consumidores sobre a

eficiência energética de cada produto, a fim de estimular compras mais conscientes – o que originou o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Atualmente, o PBE fornece informações sobre o desempenho dos produtos considerando a eficiência energética, o ruído e outros critérios que podem influenciar a escolha dos consumidores.

Após a publicação da Lei de Eficiência Energética em 2001, o PBE passou a direcionar seus programas de avaliação da conformidade para o campo compulsório, baseando-se no estabelecimento de níveis mínimos de eficiência energética – que haviam sido definidos pelo Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), um fórum interministerial criado a partir da mesma lei.

Dentre as diversas linhas de atuação do Procel, o subprograma PROCEL EDIFICA foi instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL e atua de forma conjunta com o Ministérios de Minas e Energia (MME), o Ministério das Cidades (MCidades), as universidades e outras entidades, e visa promover o uso racional de energia elétrica através de projetos de pesquisa e estímulo à aplicação de conceitos de eficiência energética em todos os tipos de edifícios.

Em 2014 deu-se um importante avanço na implementação da Lei de Eficiência Energética em edificações: a regulamentação de edificações eficientes através da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). O conjunto de ações do PROCEL EDIFICA e do PBE culminaram na criação do PBE Edifica, um programa de etiquetagem de edifícios de acordo com seu nível de desempenho energético.

O PBE Edifica é um programa de etiquetagem de edificações que as classifica de acordo com seu nível de eficiência energética. Ele propicia aos profissionais ligados à construção civil e aos usuários finais uma forma inovadora de se pensar as edificações no Brasil: o ambiente construído onde desenvolvemos todas as atividades de uma sociedade pode e deve ser projetado para aproveitar melhor as formas de energia passivas (iluminação e ventilação naturais, geração de energia local, etc) e reduzir assim o consumo de eletricidade.

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) é um dos instrumentos do programa, e avalia a conformidade dos edifícios com os requisitos do Regulamento Técnico de Qualidade (RTQ-C, para edifícios comerciais, de serviços e públicos). Os três sistemas prediais avaliados no processo de etiquetagem são a envoltória, a iluminação e o condicionamento de ar, cada um contribuindo à avaliação final do edifício nas proporções de 30, 30 e 40%, respectivamente. Cada um dos sistemas representa uma categoria de avaliação e etiquetagem do edifício, que depois compõe sua classificação geral (vide Figura 30). A Etiqueta PBE Edifica pode ser obtida nas etapas de projeto e de edificação construída.



Figura 30 – Exemplo de ENCE de Edificações para etapa de edificação construída
Fonte: adaptado de MMA (2015a)

De maneira complementar à ENCE do PBE Edifica, a Eletrobras é responsável por outorgar o Selo Procel Edificações, que visa premiar as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria através da ENCE. O Selo Procel Edificações também pode ser obtido nas duas etapas: de projeto e de edificação construída.

É importante ressaltar que o PBE Edifica não é um sistema de certificação ou qualificação de boas práticas socioambientais, como o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*, na sigla em inglês) ou o AQUA (Alta Qualidade Ambiental). Em um processo de certificação, os edifícios devem atender a parâmetros mínimos de exigência, e assim recebem um selo que reconhece e atesta suas práticas sustentáveis (Figura 31). Em um sistema de etiquetagem como o PBE Edifica, uma construção pode ou não ser eficiente – isso depende de seu nível de classificação, que vai **de “A” (mais eficiente) a “E”** (menos eficiente) (MMA, 2015a).



Figura 31 – Os principais selos de sustentabilidade
Fonte: adaptado de MMA (2015a)

A geração renovável e o aproveitamento de energia solar para o aquecimento de água são considerados bonificações no sistema de avaliação do PBE Edifica. O conjunto das medidas de bonificação do projeto ou da edificação construída podem somar até 1 ponto na avaliação total de um edifício. Para os sistemas citados, existem os seguintes condicionantes:

- Fontes renováveis de energia elétrica (eólica ou fotovoltaica): geração de eletricidade que garanta uma redução mínima de 10% no consumo anual;
- Aquecimento solar de água: o sistema deve corresponder a, no mínimo, 70% da demanda total.

Com a publicação da Instrução Normativa nº 02/2014/MPOG/SLTI, de 4 de junho de 2014, os projetos de novos edifícios públicos federais devem ser desenvolvidos ou contratados visando, obrigatoriamente, à obtenção da ENCE Geral de Projeto classe "A". Além das novas edificações da Administração Pública Federal e Autárquica, aquelas que vierem a sofrer retrofit também deverão pautar seus projetos no sentido de conseguir a melhor eficiência energética possível, respeitando as características da edificação. Para tal, deve ser considerada também a aquisição de equipamentos **elétricos de nível "A", utilizando o poder de compra governamental para complementar** a política iniciada pela Lei nº 10.295/2001 (MME, 2014).

A busca da EE nos edifícios públicos possui papel fundamental como política pública, como efeito demonstrativo e indutor do mercado de eficiência no país, mostrando assim coerência do governo federal entre seu discurso e prática. Dado seu papel tecnológico estratégico, diversos países vêm dando atenção especial ao tema e desenvolvido programas para o setor público (PNEF, 2011).

Em 1997, o Procel estruturou seu programa específico para edificações públicas, o Programa de Eficiência Energética em Prédios Públicos (Procel-EPP). Ele tem por objetivos: diminuir os gastos dos prédios públicos através de redução de demanda; melhorar as condições de trabalho, conforto e segurança dos servidores públicos;

capacitar administradores e servidores em EE; e promover a capacitação laboratorial em EE (MME, 2011). Suas principais estratégias são:

- Implementação de projetos-piloto para demonstração;
- Substituição de tecnologias obsoletas por eficientes;
- Promoção de plano de capacitação de administradores de prédios públicos em eficiência energética;
- Instrumentos normativos.

O Procel-EPP estimou um potencial de redução de consumo nesta classe de edifícios da ordem de 20%, ou de 25% a 60% conforme projetos elaborados por ESCOS no âmbito do PEE (PNEF, 2011).

Além do Procel-EPP, foi criado em 2012 o Projeto Esplanada Sustentável (PES), uma iniciativa conjunta de quatro Ministérios – Planejamento, Meio Ambiente, Minas e Energia, e Desenvolvimento Social e Combate à Fome –, que tem por objetivo promover a realocação de recursos que visem à inovação tecnológica em EE, construções sustentáveis e redução das emissões, utilizando o poder de compra do governo federal para fomentar boas práticas e induzir o mercado da construção sustentável, e ser exemplo de sustentabilidade e eficiência no país (MP, 2017).

O PES atua em três eixos: Eficiência Energética, Novas Edificações e Energia Renovável. Em 2016 foi inaugurado o primeiro sistema solar fotovoltaico da Esplanada dos Ministérios, instalado no edifício-sede do Ministério de Minas e Energia (MME), com potência de 60kWp que representa por volta de 5 a 7% do consumo do edifício. A instalação do sistema se insere nas ações do Programa de Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), e a parceria com o MME aprofunda as ações de Eficiência Energética do PES (MME, 2016).

Projeto DEO

O projeto Desempenho Energético Operacional em Edificações, conhecido como Projeto DEO, é desenvolvido pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável com o objetivo de avaliar e propor melhorias no desempenho energético de edificações durante sua fase de uso. Embora já existam mecanismos de análise e avaliação do consumo energético de edifícios nas etapas do projeto e construção, como a etiquetagem PBE Edifica, não há ferramenta equivalente para o consumo energético durante a operação de um edifício (CBCS, 2013). Porém, é exatamente na fase do uso que as maiores diferenças entre o consumo projetado e o que é medido aparecem. Foi a partir dessa constatação e do potencial de redução do uso de energéticos que surgiu a iniciativa do DEO.

O projeto DEO consiste na utilização de benchmarks (linhas de base), que são ferramentas usadas para medir o desempenho de um determinado edifício e compará-lo com referenciais médios e eficientes no mercado, levando em conta suas características e sua localização. Para cada tipo de edifício contemplado no projeto - agências bancárias, escritórios corporativos, prédios públicos e condomínios

residenciais - vem sendo criado um benchmark específico, baseado em diagnósticos energéticos realizados por equipes especializadas e em cálculos de potencial para melhoria do desempenho do edifício.

O resultado desse esforço é um conjunto de plataformas de cálculo online e de livre acesso, em que cabe ao usuário introduzir os dados de consumo, dimensões e localização do empreendimento, enquanto o programa realiza os cálculos através de equações de benchmarking e demonstra os resultados em forma de indicador, apontando o desempenho do edifício e em qual categoria ele se encontra: ineficiente, típico ou eficiente (Figura 32).

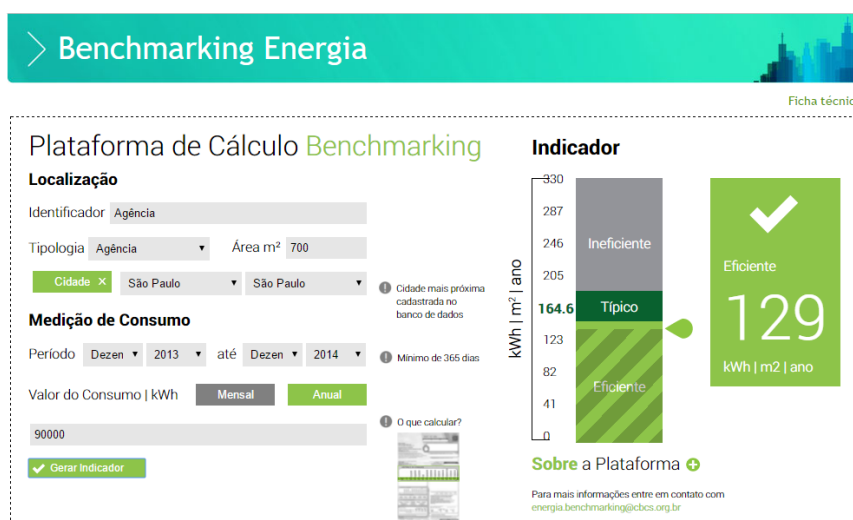


Figura 32 – Simulação de uma agência bancária na ferramenta online
Fonte: <http://www.cbcs.org.br/website/benchmarking-plataforma/>

Certificações voluntárias

Dentre as opções de avaliação de consumo ou de eficiência energética existem ainda as certificações de sustentabilidade e desempenho ambiental. Elas são mecanismos criados para medir diversos índices de desempenho de uma construção, considerando aspectos como energia, água, materiais etc. e, a partir do resultado obtido, qualificá-la com um determinado nível de eficiência ou selo. No Brasil, encontram-se sistemas de certificações tanto internacionais como nacionais.

Entre as certificações internacionais, a mais famosa e com maior aderência é o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), criado pelo USGBC, *U.S. Green Building Council*. A certificação LEED existe em diversas formas: para novas construções, design de interiores, edifícios existentes e bairros. A avaliação para obtenção do selo é dividida em sete critérios: localização e transporte; sites sustentáveis; eficiência no uso da água; energia e atmosfera; material e recursos; qualidade do ambiente interior e inovação.

Todos os critérios possuem uma pontuação específica e, com o total dos critérios avaliados, chega-se a uma pontuação geral para a edificação. Para obter a certificação mais básica, o Selo LEED, é preciso atender a todos os pré-requisitos e, além disso, acumular 40 pontos. Conforme o desempenho, é possível obter o Selo LEED Silver, Gold e Platinum, este último sendo a certificação de nível máximo.

Dada sua grande predominância no mercado, pode-se usar o número de empreendimentos certificados com o LEED como um indicativo de demanda geral deste nicho. Como pode ser visto na Figura 33, há uma crescente demanda por certificações ambientais no Brasil, apesar dos períodos de crise econômica, indicando assim um potencial significativo para os próximos anos.

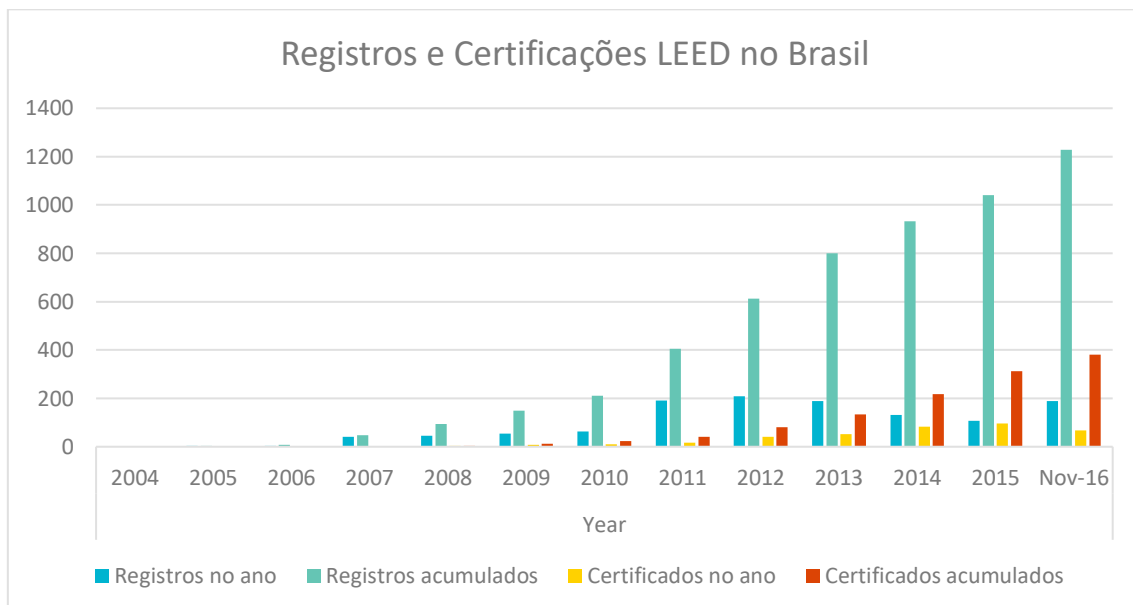


Figura 33 – Gráfico com os registros e empreendimentos certificados LEED por ano
Fonte: elaboração própria a partir de dados do GBC Brasil (2017)

No cenário dos selos nacionais, a certificação mais utilizada no Brasil é a AQUA-HQE, do grupo Vanzolini, e baseada na versão francesa *Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale)*. Ela é dividida em 4 grandes temas: meio ambiente, energia e economias, conforto e saúde e segurança. Cada tema é subdividido de forma a totalizar 14 categorias. A categoria em que se insere a eficiência energética engloba parâmetros como a redução do consumo de energia por meio da concepção arquitetônica, redução no consumo de energia primária e redução das emissões de poluentes na atmosfera (VANZOLINI, 2016).

Além do LEED e do AQUA, existe uma outra certificação de grande importância internacional chamada EDGE, *Excellence in Design for Greater Efficiencies*. Foi desenvolvida pela *International Finance Corporation*, que faz parte do *World Bank Group*. A certificação EDGE é focada na eficiência energética, na redução do consumo de água e os impactos dos materiais usados. A certificação é dedicada a países em desenvolvimento e conta com algumas novidades, como um software gratuito que avalia

e propõe soluções de redução de consumo para um edifício. Para conseguir a certificação, é preciso atestar uma redução no consumo de, no mínimo, 20%.

Outra certificação relevante no Brasil é o Selo Casa Azul. Desenvolvida pela Caixa Econômica Federal, com participação de pesquisadores de universidades públicas como UNICAMP, UFSC e USP, ela é uma certificação de adesão voluntária para projetos financiados pelo próprio banco. São considerados 53 critérios de avaliação, alguns obrigatórios, outros opcionais, que são agrupados em seis grandes categorias: qualidade urbana; projeto e conforto; eficiência energética; conservação de recursos materiais; gestão de água; práticas sociais. Os critérios obrigatórios de eficiência energética são o uso de dispositivos economizadores como sensores de presença, temporizador ou lâmpadas eficientes e a medição individualizada de gás. É preciso cumprir pelo menos 19 itens obrigatórios para conseguir a certificação mais básica, o selo nível bronze. Ao se cumprir mais 6 critérios opcionais, obtém-se o selo nível prata e com mais 12 critérios opcionais, chega-se à certificação máxima, o selo nível ouro.

O Green Building Council Brasil desenvolveu uma certificação para análise de casas residenciais. Chama-se Referencial GBC Brasil Casa. Como a maior parte dos selos é voltada para escritórios, torres comerciais e residenciais, percebeu-se a necessidade de um referencial dedicado às casas. A certificação engloba critérios como implantação, uso racional da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental, requisitos sociais, inovação e projeto e créditos regionais.

Além dessas certificações, existem diversas outras, tanto no Brasil quanto no mundo, com diferentes níveis de inserção no mercado. O cenário das certificações sustentáveis ainda pode ser considerado promissor – em 2012, as certificações de sustentabilidade em construção representaram 9% do valor da indústria da construção civil (CBCS, 2014). A partir da Figura 34, pode-se conferir uma tabela indicando diversas certificações, a abrangência, o conhecimento do mercado e o referencial utilizado para avaliar a eficiência energética.

Principais certificações voluntárias de construção sustentável			
Nome	Abrangência	Conhecimento do mercado	Referência para EE
LEED	Internacional	Alta	ASHRAE 90.1
BREEAM	Internacional	Baixa	Variável
AQUA	Brasil	Alta	PBE Edifica
Selo Casa Azul	MCMV	Baixa	Avaliação qualitativa
PBE Edifica (Procel)	Brasil	Alta	PBE Edifica
Selo Qualiverde	Rio de Janeiro	Baixa	Avaliação qualitativa
Referencial Casa	Brasil	Baixa	PBE Edifica
Selo BH Sustentável	Belo Horizonte	Baixa	Avaliação qualitativa

Figura 34 – Tabela com as principais certificações no Brasil e no mundo
Fonte: CBCS Aspectos, 2014

Programas locais

Para além da esfera privada existem políticas e programas públicos locais (estaduais e municipais) que podem promover a eficiência energética e a sustentabilidade em edificações. No que diz respeito a políticas de construção sustentável, o governo do Estado de São Paulo deu seu primeiro passo em 2009 com a aprovação da Política Estadual de Mudanças Climáticas (Lei nº 13.798/2009), que incentiva a promoção da habitação sustentável e de eficiência energética, redução de perdas, normas técnicas que assegurem qualidade e desempenho dos produtos, uso de materiais reciclados. Em 2012 foi aprovada a Estratégia para o Desenvolvimento Sustentável do Estado (Decreto nº 58.107/2012), que também promove a construção civil sustentável de maneira geral – sem diretrizes e normativas claras. Apenas em março de 2016 foi instituído o Comitê Temático da Construção Civil Sustentável (Resolução SMA nº 36/2016) pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, e ainda não foram encontradas mais informações sobre sua atuação.

Ainda a nível estadual, existe o programa Município VerdeAzul, que busca auxiliar as prefeituras do Estado de São Paulo na planificação e na criação de políticas públicas sustentáveis. Participar do programa também é um dos requerimentos para a liberação de verbas do Fundo Estadual de Controle da Poluição – FECOP. Dentre os critérios adotados nesse programa, encontram-se: esgoto tratado, resíduos sólidos, biodiversidade, arborização urbana, educação ambiental, cidade sustentável, gestão das águas, qualidade do ar, estrutura ambiental e conselho ambiental. Além disso, foi criado um ranking para que seja possível comparar o desempenho entre as cidades e servir de parâmetro na hora de analisar as soluções propostas por cada cidade. No último ranking disponível, 2015, encontra-se Adamantina em primeiro lugar com 97,88 pontos, Sertãozinho em segundo com 97,18 e Botucatu com 96,70.

No âmbito municipal, a política mais recente é a quota ambiental implantada na cidade de São Paulo, através da lei nº 16.402 de 22 de março de 2016, um instrumento usado para tornar os lotes mais ambientalmente adequados (Figura 35). Este instrumento tem por objetivo condicionar a construção de novos edifícios com determinadas soluções que permitam uma maior capacidade de drenagem, maior cobertura verde, menor alteração no microclima, entre outros, de forma a mitigar os efeitos climáticos já existentes na cidade, como as enchentes e as ilhas de calor. Para que um projeto seja aprovado na prefeitura, será necessário que ele obtenha uma pontuação mínima dentro das soluções possíveis de aplicação da quota ambiental, como pode ser visto na Figura 35 (SÃO PAULO, 2016).

Parâmetros que podem ser utilizados para obter pontuação:

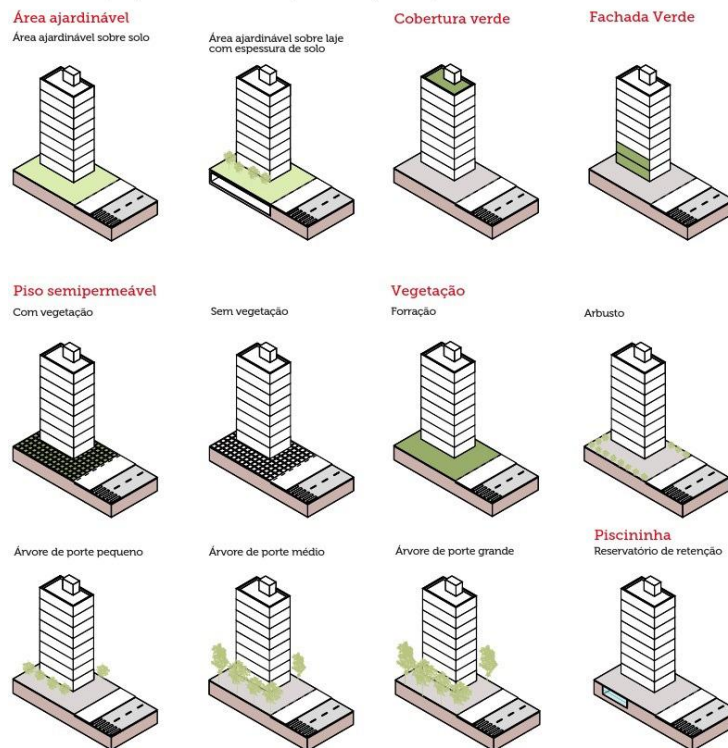


Figura 35 – Esquema de propostas para a Quota Ambiental
Fonte: <http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/cota-ambiental-2/>

Outra forma do poder público promover a sustentabilidade ou certificação na cidade é através de incentivos. Temos, ainda na lei nº 16.402 de 22 de março de 2016, o artigo 83, que atesta:

Art. 83. Poderá ser concedido Incentivo de Certificação, sob a forma de desconto na contrapartida financeira de outorga onerosa do direito de construir, para novas edificações ou reformas com aumento de área construída superior a 5% (cinco por cento) que obtiverem certificação específica de sustentabilidade reconhecida em âmbito nacional ou internacional.

Isto é, aos projetos que tiverem certificação de construção sustentável na cidade de São Paulo, haverá possibilidade de desconto no valor da outorga onerosa (para aumentar a capacidade de construção), incentivando a obtenção de certificações.

Em todo o país, existem alguns outros instrumentos semelhantes, como o IPTU Verde, que recompensa medidas consideradas sustentáveis das edificações. Ele consiste em um desconto sobre o Imposto Predial e Territorial Urbano para os casos de construções que possuam técnicas e sistemas ecológicos ou de conservação ambiental. Exemplos são o sistema de captação da água da chuva, sistema de reuso de água, sistema de aquecimento solar de água, construção com materiais sustentáveis, áreas permeáveis, presença de árvores, entre outras. Na cidade de São Carlos/SP, o IPTU Verde funciona desde 2006, oferecendo descontos para os imóveis que tem árvores

plantadas na calçada e com áreas permeáveis vegetadas dentro do terreno. Em Curitiba, capital do Paraná, os descontos no IPTU por medidas ambientais variam de 10% a 30%.

2.5 Geração distribuída

Apesar de a matriz elétrica brasileira ser considerada como relativamente baixa emissora de carbono, grandes e onerosas perdas em transmissão e distribuição se dão devido ao sistema centralizado de geração de energia – e uma vez que os centros de geração são distantes dos principais centros de consumo, as cidades (PACHECO, 2014). Dessa forma, a geração distribuída (GD), regularizada em 2012 pela primeira vez, torna-se um importante instrumento no aumento do retorno sobre energia investida, **reduzindo emissões “desnecessárias” de gases do efeito estufa (GEE)**.

A GD se configura hoje, então, como uma possível e próxima alternativa ao atual modelo de planejamento da expansão do sistema energético. No horizonte decenal, estima-se que esta alternativa de atendimento permita abater aproximadamente 92 TWh da demanda de eletricidade (EPE, 2016).

Adota-se como geração distribuída aquela localizada próxima ao consumidor final cuja instalação objetiva atendimento seu prioritário, podendo ou não gerar excedentes de energia comercializáveis para além das instalações do consumidor final. Ela é definida como centrais geradoras de energia elétrica, de qualquer potência, com instalações conectadas diretamente no sistema elétrico de distribuição ou através de instalações de consumidores. Tais centrais podem operar em paralelo com o parque gerador nacional ou de forma isolada, e despachadas ou não pelo ONS (EPE, 2016).

Várias fontes energéticas, sendo renováveis ou não, são consideradas no âmbito da GD. Os principais exemplos de geração renovável são a solar fotovoltaica, eólica e biomassa, enquanto microturbinas e motogeradores a gás natural, motores a diesel e cogeração são exemplos de fontes não renováveis. Resíduos de processos industriais, como os gases de alto forno em siderúrgicas, também são considerados fontes de energia de geração distribuída (EPE, 2016).

A geração distribuída foi regularizada pela ANEEL através da Resolução Normativa (REN) nº 482/2012, que estabelece as condições gerais para o acesso da micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de eletricidade, e o sistema de compensação de energia elétrica (conhecido também como *net metering*). A REN 482 passou em 2015 por um processo de revisão, originando assim a REN 687/2015. A nova resolução normativa amplia as possibilidades de micro e minigeração ao aumentar o limite de potência, criar o mecanismo de compartilhamento da geração, reduzir os prazos de resposta das distribuidoras, dentre outras novas regras, em vigor desde março de 2016 (TOLMASQUIM, 2016).

A GD já conquistou também espaço entre os programas federais que relacionam questões sociais e ambientais, como o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM), coordenado pelo Ministério de Minas e Energia desde 1994, e posteriormente o LUZ PARA TODOS, que visa fornecer energia elétrica

a regiões remotas e fora do alcance da rede convencional de energia. Para tanto, a solução buscada é através de fontes de energias renováveis e descentralizadas. De acordo com dados do MME (2009), já foram instalados o equivalente a 5 MWp em aproximadamente 7.000 comunidades espalhadas por todo o Brasil (EPE, 2016).

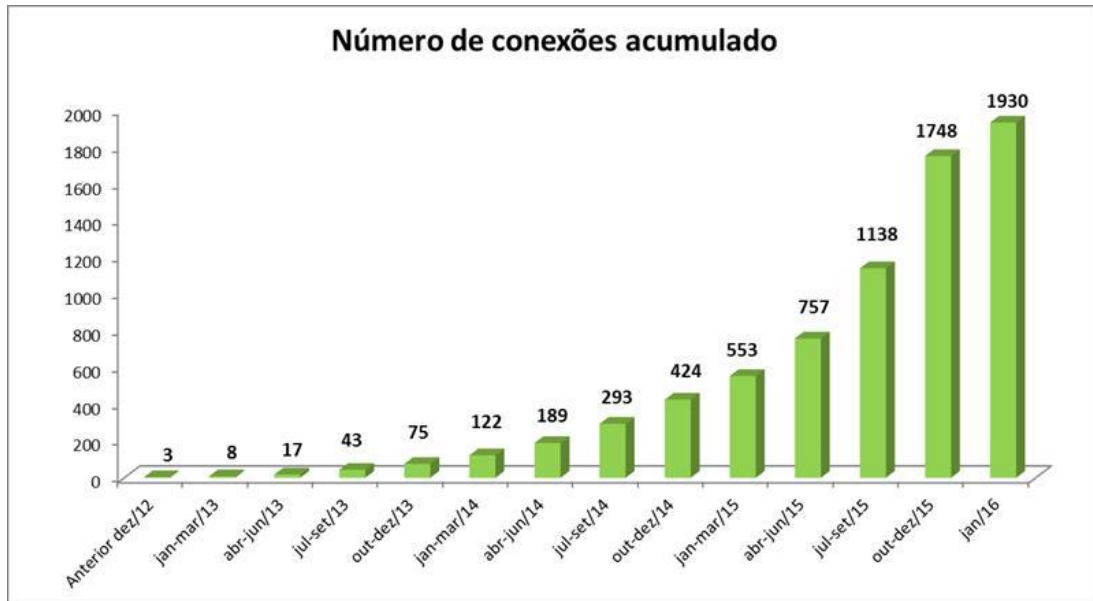


Figura 36 – Número acumulado de conexões de geração distribuída, de 2012 a jan/2016
Fonte: ANEEL (2016)

De acordo com estudos publicados pela EPE (2016), as maiores taxas de crescimento esperadas em termos de capacidade instalada e energia gerada são da geração solar fotovoltaica de pequeno porte. As adesões ao modelo de GD têm crescido expressivamente desde 2013, como mostra a Figura 36. Estima-se que em 2024 esses sistemas sejam responsáveis pela geração de 1.319 MWp, com taxa de crescimento médio de 64% ao ano. Por se apresentar como a tecnologia mais promissora para inserção na matriz elétrica nacional, e a mais fácil de ser adotada para geração em edificações, ela será a fonte utilizada para fins de estimativas.

Potência Instalada de GD por Tipo de Geração (%)

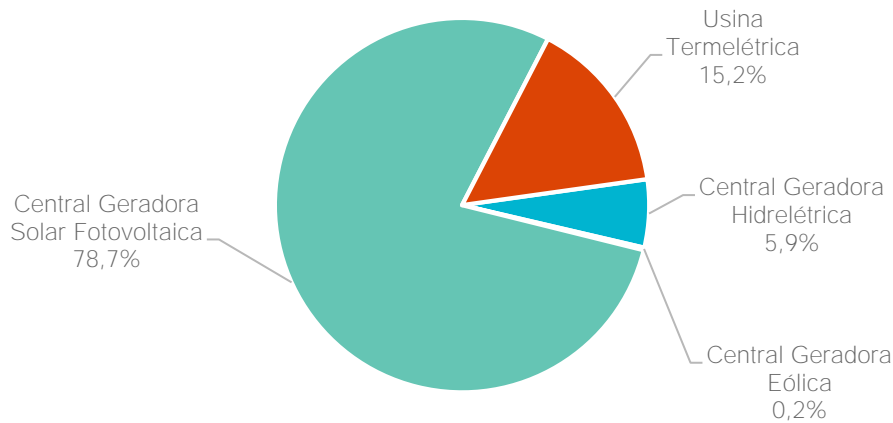


Figura 37 – Potência instalada de geração distribuída por tipo de geração
Fonte: ANEEL (2017)

Potência Instalada de GD por Classe de Consumo (%)

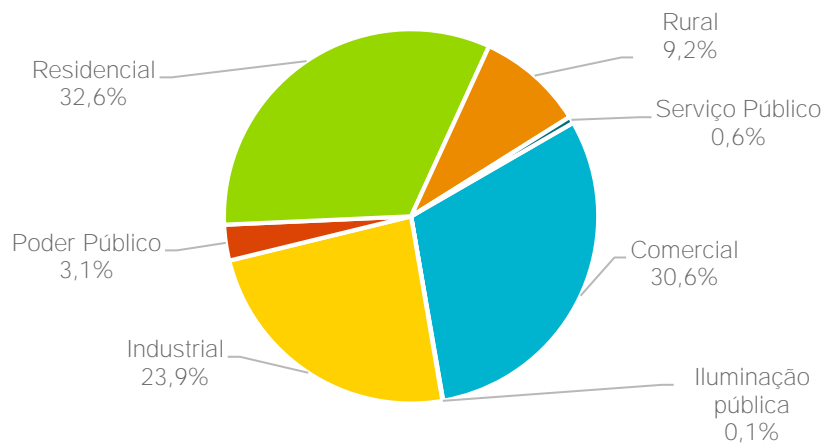


Figura 38 – Potência instalada de geração distribuída por tipo de geração
Fonte: ANEEL (2017)

De acordo com dados da ANEEL (2017) de registros das unidades consumidoras com geração distribuída, observa-se a relevância da geração fotovoltaica, que representa 79% do total, com 7.571 unidades registradas (Figura 37). Em relação às classes de consumo, a maior parte das conexões se dão nas classes residencial, comercial e industrial (Figura 38). Do total de 7.661 unidades consumidoras-geradoras cadastradas, 80% geram energia nas suas próprias dependências, 16% são de autoconsumo remoto, e 4% de geração compartilhada (ANEEL, 2017).

A fim de auxiliar estudos técnicos e dimensionamentos simplificados de sistemas de geração fotovoltaica, pode-se utilizar um indicador conhecido como fator de produtividade do sistema. Define-se produtividade como a relação entre o valor médio de energia entregue à carga e a potência nominal do gerador, medido em quilowatt-hora por quilowatt-pico por ano [kWh/(kWp.ano)]. Konzen (2014) calculou a produtividade estimada para a área de cada distribuidora de energia elétrica do Brasil a partir de dados nacionais de irradiação média solar e de rendimento global do sistema elétrico, considerado como 0,75, e não diferindo geograficamente. A Tabela 2 mostra os dados obtidos nesta avaliação.

Tabela 2 – Produtividade por distribuidora de energia elétrica, em kWh/(kWp.ano)

Fonte: KONZEN (2014)

Distribuidora	UF	Geração média [kWh/(kWp.ano)]	Distribuidora	UF	Geração média [kWh/(kWp.ano)]
AES-SUL	SC	1.450	CPFL Santa Cruz	SP	1.561
AmE	AM	1.394	CPFL Sul Paulista	SP	1.451
AMPLA	RJ	1.488	CPFL-Paulista	SP	1.601
BANDEIRANTE	SP	1.460	CPFL-Piratininga	SP	1.469
Boa Vista	RR	1.409	DEMEI	RS	1.494
CAIUÁ-D	SP	1.577	DMED	MG	1.586
CEA	AP	1.389	EBO	PB	1.466
CEAL	AL	1.460	EDEVP	SP	1.584
CEB-DIS	DF	1.594	EEB	SP	1.544
CEEE-D	RS	1.406	EFLJC	SC	1.395
CELESC-DIS	SC	1.410	EFLUL	SC	1.413
CELG-D	GO	1.571	ELEKTRO	SP	1.524
CELPA	PA	1.436	ELETROACRE	AC	1.412
CELPE	PE	1.494	ELETROCAR	RS	1.498
CEMAR	MA	1.498	ELETROPAULO	SP	1.376
CEMIG-D	MG	1.546	ELFSM	ES	1.416
CEPISA	PI	1.583	EMG	MG	1.477
CERON	RO	1.450	EMS	MS	1.572
CERR	RR	1.427	EMT	MT	1.504
CFLO	PR	1.461	EPB	PB	1.528
CHESP	SP	1.564	ESCELSA	ES	1.450
CNEE	SP	1.618	ESE	SE	1.465
COCEL	PR	1.419	ETO	TO	1.528
COELBA	BA	1.514	HIDROPAN	RS	1.496
COELCE	CE	1.541	IENERGIA	SC	1.516
COOPERALIANÇA	SC	1.428	LIGHT	RJ	1.482
COPEL-DIS	PR	1.492	MUXENERGIA	RS	1.501
COSERN	RN	1.524	RGE	RS	1.476
CPFL Jaguari	SP	1.611	SULGIPE	SE	1.439
CPFL Leste Paulista	SP	1.611	UHENPAL	SC	1.421
CPFL Mococa	SP	1.610			

Estudo de caso: Geração fotovoltaica em Habitação de Interesse Social

Uma parceria entre a empresa *Brasil Solair* e o Fundo Socioambiental da CAIXA inaugurou a microusinina fotovoltaica, atualmente a maior construída sobre telhados de residências do Brasil. O empreendimento se localiza em Juazeiro, na Bahia, e atende mil famílias dos condomínios populares vizinhos Morada do Salitre e Praia do Rodeadouro em sócias, com potência instalada de 2,1 MWp. O sistema conta com 9.144 painéis fotovoltaicos nos telhados dos prédios com quatro ou seis apartamentos, sendo o investimento realizado de 7 milhões de reais (Figura 39).

O acordo de cooperação financeira para o investimento com recursos não reembolsáveis foi assinado em 2012 e a geração da microusinina foi regulamentada pela ANEEL em outubro de 2013. O sistema FV é conectado à rede da Coelba (distribuidora local) e tem contrato com os condomínios para comercializar a energia gerada no mercado livre. Da receita total, 60% são destinados às famílias, 30% vão para um fundo para melhorias e benefícios do uso comum, e os outros 10% cobrem as despesas de manutenção do condomínio.



Figura 39 - Foto da microusinina solar de Juazeiro, BA
(Fontes: CAIXA, 2015)

3. Mapeando o consumo de energia em edifícios

Além de sua função básica de abrigo para o homem, as edificações têm como um de seus objetivos a promoção de um ambiente interno confortável para o usuário (PNEF, 2011). A partir dos preceitos fundamentais do novo paradigma do desenvolvimento sustentável, conceito criado em 1987 pela Comissão Mundial sobre o **Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, a arquitetura neste contexto “modifica o ambiente natural de maneira a produzir um espaço confortável, adequado ao clima local, energeticamente eficiente e com baixo custo de manutenção, causando, necessariamente, baixo impacto ambiental. [...] Conforto ambiental e eficiência energética são, portanto, premissas do novo modelo construtivo”** (PNEF, 2011⁶).

Este capítulo tem por objetivo mapear como a energia é utilizada nas edificações para proporcionar a realização das diversas atividades humanas. Explora-se assim quais são os usos finais de energia em edifícios residenciais, comerciais e públicos, bem como estudos de benchmarking energético e consumos típicos disponíveis no Brasil.

Ao longo do capítulo são apresentados também estudos de caso de edificações certificadas e projetadas para terem um baixo consumo energético. Ressalta-se, entretanto, que nem sempre projetos certificados entregam as economias energéticas prometidas; estudos sobre esse *gap* de desempenho mostram que edificações certificadas no momento da construção podem consumo energético igual ou maior que edificações da mesma tipologia que não foram certificadas (CBCS, 2014). Desse modo, a garantia da eficiência energética requer procedimentos de operação e manutenção bem definidos e uma gestão energética adequada, além de estratégias de projeto e uso de equipamentos eficientes.

3.1 Edifícios residenciais

As residências compõem a tipologia mais relevante no consumo de energia em edificações, respondendo por 10,2% do consumo nacional em 2015, como discutido anteriormente. Uma política bem estruturada de eficiência energética nesse setor, portanto, tem grande potencial de impactos na matriz energética brasileira.

Segundo a EPE (2014), uma residência média no Brasil consumia 156 kWh por mês em 2012, ou 1872 kWh no ano todo. Ao olhar a distribuição da demanda de energia por uso final para o ano de 2010, observa-se que mais da metade, 58%, é usado na cocção, enquanto que o uso cativo para eletricidade corresponde a 30% do total. Para completar o consumo elétrico, o aquecimento de água por meio de eletricidade representou 7% (Figura 40).

O consumo de eletricidade passou por um significativo crescimento nas últimas décadas, principalmente após o lançamento do plano Real na segunda metade dos anos

⁶ <http://www.engenhariaarquitectura.com.br/noticias/394/PNEf-em-nome-da-sustentabilidade-da-eficiencia-energetica.aspx>

1990 (Figura 41). A partir de 1994 ocorreu um período de elevada aquisição de eletrodomésticos pelas famílias brasileiras, além do aumento da quantidade de horas destes aparelhos, o que impactou diretamente o consumo elétrico residencial. Em sentido contrário observa-se a diminuição do consumo de combustíveis por domicílio, dada em parte pela substituição da lenha por outras fontes de energia, e ganhos de eficiência na cocção e no aquecimento de água (EPE, 2014).

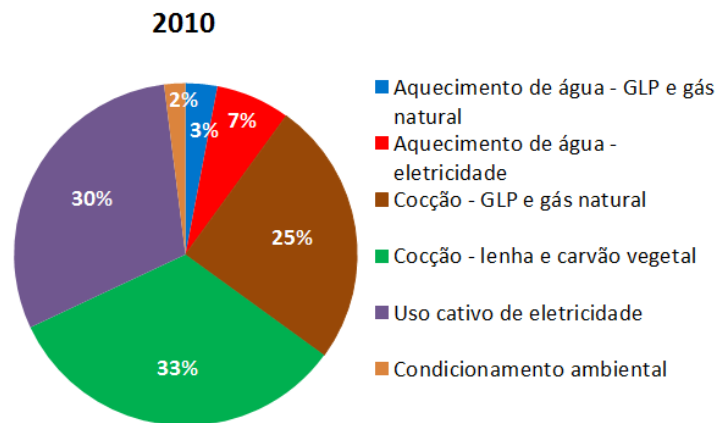


Figura 40 - Demanda de Energia Residencial por Uso Final
Fonte: EPE (2014)

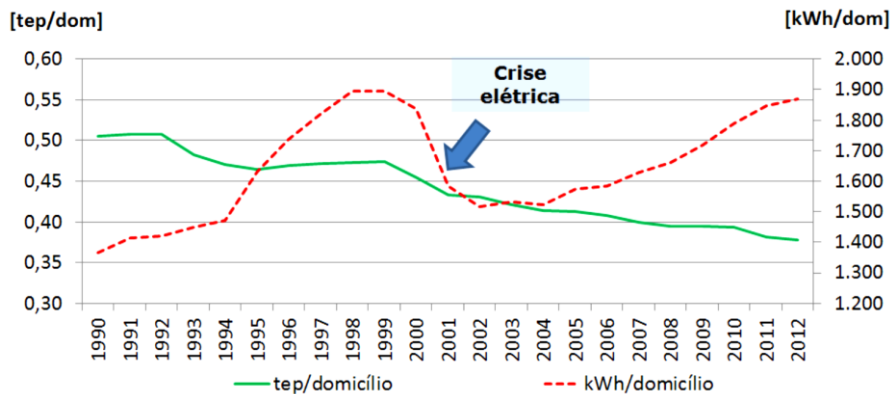
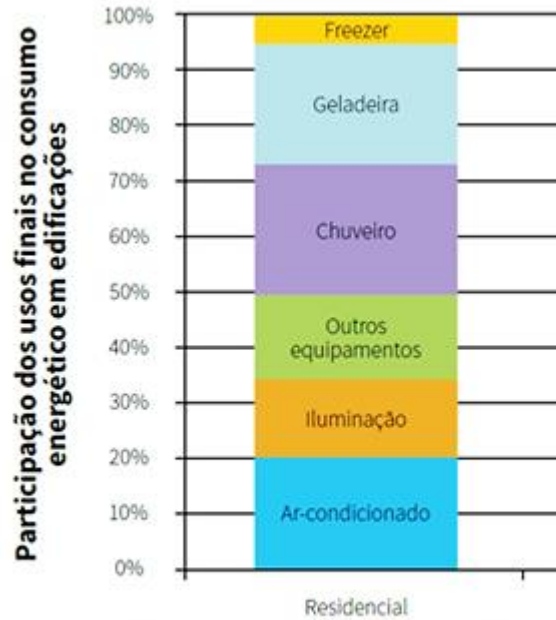


Figura 41 – Evolução recente dos consumos anuais elétrico e energético por domicílio no Brasil
Fonte: EPE (2014)

Ao olhar somente para os usos finais de eletricidade, a porcentagem de participação de cada sistema ou equipamento se dá de maneira diferente (Figura 42). Os únicos dados disponíveis que descrevem a participação dos equipamentos elétricos em edificações são da pesquisa de posse e hábito de uso (PPHU) realizada em 2005. É provável assim que os dados já estejam defasados, recomendando-se a atualização desta pesquisa (CBCS, 2014), mas eles já servem como indicativo de quais sistemas são representativos e teriam impacto na redução do consumo por medidas de eficiência. São eles: refrigeração, aquecimento de água, condicionamento de ar e iluminação.



FONTE: CBCS, com dados da ELETROBRAS (2007)

Figura 42 – Consumo de eletricidade por uso final no setor residencial
 Fonte: adaptado de CBCS (2014)

A utilização dos diferentes sistemas é variável ao longo do dia, de acordo com os hábitos de uso dos brasileiros. Vieira (2016) apresenta um compilado de curvas de carga residencial diária, por região e para as estações verão e inverno. Os dados horários de consumo para a construção das curvas são da PPHU e do Sistema de Informação de Posses e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos (SINPHA), considerando a variação climática e sazonalidade a partir de conclusões de Ghisi et al (2007). Todos os gráficos foram compilados na Figura 43.

A partir dos gráficos, é possível analisar que todas as regiões consomem mais eletricidade para condicionamento ambiental no verão, e bem menos no inverno. Mesmo assim, as regiões mais quentes (Norte e Nordeste), possuem um gasto maior com condicionamento de ar do que as regiões mais ao sul, independentemente da estação. As regiões Sul e Sudeste apresentam a maior parte de seus gastos com aquecimento de água, relacionado ao banho, com grandes incrementos nos horários de pico da manhã e da tarde. Todas as regiões, no entanto, possuem um gasto homogêneo nos principais eletrodomésticos de refrigeração de alimentos (geladeiras e freezers).



Figura 43 – Curvas de carga residenciais para as diferentes regiões brasileiras, no verão e no inverno
 Fonte: VIEIRA (2016)

As estimativas do Plano Nacional de Energia (PNE) sugerem que até 2050 serão adicionados cerca de 35 milhões de novos domicílios, com 100% de atendimento do serviço de fornecimento de energia elétrica. Isso implica que o número de domicílios particulares permanentes com energia elétrica passará de 63 milhões (2013) para 98 milhões (2050). Como já discutido, este aumento do número de domicílios brasileiros – previsto tanto para o atendimento do déficit habitacional quanto para comportar o crescimento populacional, vem atrelado a um aumento de renda per capita e a consumidores que demandarão cada vez mais bens de consumo e serviços (EPE, 2016).

Tais constatações incorrem em um fato considerável para o futuro: o aumento do total de gastos de energia no setor residencial. Observando a Tabela 3, é visível que todos os equipamentos e sistemas tem como previsão um aumento de consumo ao longo das décadas, com exceção da iluminação e do aquecimento de água. A explicação se encontra no parágrafo anterior, mas pode ser resumido da seguinte forma: apesar do iminente aumento de eficiência dos produtos, a melhoria econômica reflete em demanda reprimida, o que faz com que mais pessoas comprem mais produtos ou troquem os antigos por novos mais caros e potentes.

*Tabela 3 - Consumo de energia elétrica por serviço energético no setor residencial
Fonte: EPE, 2016*

Equipamento (GWh)	2020	2030	2040	2050
Climatização	42.427	67.568	96.189	123.302
Entretenimento	28.929	48.024	70.581	92.792
Cocção	1.840	3.003	4.357	5.672
Aquecimento de água	21.288	24.627	24.538	20.455
Refrigeração	38.561	50.408	59.279	62.939
Outros serviços do lar	14.111	20.714	27.493	33.156
Iluminação	17.754	18.589	15.477	8.354
Total	164.910	232.934	297.914	346.670

Neste contexto, fica evidente a urgência e a importância da eficiência energética em sua mais ampla aplicação. Se o consumo elétrico per capita e total está fadado ao aumento, o impacto causado por uma economia no consumo de energia será ainda maior. A Tabela 4 evidencia isso, ao relacionar os cenários futuros sem e com conservação de energia. A diferença entre os dois cenários para o ano de 2050 será de 85.000 GWh, valor correspondente a 20% de toda a geração hidrelétrica nacional em 2012 ou maior que toda a geração por fontes alternativas (geotérmica, eólica, solar, das marés, das ondas, biomassa e resíduos) na América do Sul e Central para o mesmo ano (60,4TWh) (EPE, 2015b).

Alguns estudos de caso são utilizados para demonstrar os tipos de solução sendo desenvolvidos e implementados em projetos pilotos para residências sustentáveis ou de baixo consumo energético.

Tabela 4 - Setor residencial: consumo de eletricidade e eficiência energética

Fonte: EPE, 2016

Consumo (GWh)	2020	2030	2040	2050
Consumo sem conservação	177.005	269.608	356.260	438.567
Energia conservada	13.589	31.361	54.268	85.185
Energia conservada [%]	7,7	11,6	15,2	19,4
Consumo com conservação	163.415	238.247	301.992	353.382

Estudo de caso: Jardim das Perdizes, bairro sustentável em São Paulo

O Jardim das Perdizes é o primeiro bairro na América Latina a possuir certificação Aqua-HQE de sustentabilidade. Localizado na Barra Funda, na zona oeste de São Paulo, foi planejado para ocupar um dos únicos espaços vazios da malha urbana paulistana. De seus 250 mil m², 50 mil m² são destinados a áreas verdes, compostas por um parque público central e mais três praças (TECNISA, 2016). O projeto conta com 28 torres, sendo 25 residenciais, uma comercial com salas, uma comercial corporativa, e um hotel, além de um *strip mall*, com um mix de lojas como padaria, pet shop, salão de beleza, etc. Todas as torres do bairro carregarão o selo Procel Edifica, garantindo a eficiência energética com um melhor aproveitamento das condições de ventilação e iluminação natural (TECNISA, 2013).

Até o momento, todas as torres avaliadas pelo Procel Edifica receberam o nível A de eficiência energética. Além das estratégias de efficientização nas unidades habitacionais, o bairro conta com compartilhamento de bicicletas, vagas de garagem com infraestrutura para veículos híbridos e elétricos, separação de lixo para coleta seletiva, sistema de aquecimento solar, iluminação com lâmpadas LED, fiações subterrâneas, e sistema de drenagem de águas pluviais para que se infiltre naturalmente no lençol freático. Todo o empreendimento vem sendo construído à base de um canteiro de obras sustentável, com o reaproveitamento de resíduos de antigos prédios e remanejamento de terras dentro do próprio canteiro (TECNISA, 2014).



Figura 44 – Projeto do bairro Jardim da Perdizes, São Paulo, SP
Fonte: TECNISA (2016)

Estudo de caso: Habitação de Interesse Social com Certificação Sustentável

A Secretaria Municipal de Habitação (SMH) do Rio de Janeiro desenvolveu o Programa Morar Carioca Verde, e no ano de 2010 entregou um Projeto Piloto de caráter multidisciplinar para o Desenvolvimento Sustentável em favelas. Dentre as iniciativas sustentáveis aplicadas no local, a de maior desafio foi a construção de HIS com projeto certificado com o Selo Azul da Caixa Econômica Federal para Edificações Sustentáveis.

O empreendimento foi entregue em 2012 nas favelas da Babilônia e Chapéu Mangueira, sendo um edifício multifamiliar com 16 unidades habitacionais conhecido como HAB 2. Ele atendeu a 33 itens - entre livres e obrigatórios - dentro do processo de certificação, obtendo o Selo Ouro (Figura 45). Algumas das soluções sustentáveis adotadas foram: estratégias de ventilação natural, pintura exterior com cores claras, janelas com maiores esquadrias (1,15x1,50 m, 4 folhas), vasos sanitários com válvulas dual flush, lâmpadas LED para áreas comuns e interiores, medidores individuais de água e gás, sistema de captação de águas pluviais, sistema de aquecimento solar (SAS) de água, e torneiras com arejadores, dentre outras.



*Figura 45 – Foto do conjunto HAB 2, Rio de Janeiro, RJ
(Fonte: Mitsidi Projetos)*

3.2 Edifícios comerciais e públicos

Apesar de corresponderem a uma parcela pequena da demanda nacional de energia (5,1% em 2015), as edificações comerciais e públicas são significativas consumidoras de eletricidade – representaram 17,5% e 8,2% do consumo total do ano de 2015, respectivamente (EPE, 2016). Ademais, a taxa de crescimento de consumo do setor comercial nos últimos 10 anos (2005-2015) foi muito expressiva, 57,4%, mais de três vezes maior do que a taxa de aumento de consumo energético de edifícios públicos (15,3%) e do setor residencial (14,3%).

Em relação a eletricidade, energético mais consumido pelos setores, dados da ANEEL (2017c) mostram que o consumo da classe Comercial, de Serviços e Outras cresceu 60% entre 2005 e 2015, passando de 52 milhões para 84 milhões de MWh, enquanto o número de unidades consumidoras aumentou apenas 30% (Figura 46). Os dados para o setor Poder Público mostram a mesma tendência: 51% de aumento de consumo entre 2003 e 2015, e 39% de aumento de unidades consumidoras (Figura 47). Pode-se dizer que parte do aumento do consumo a despeito do crescimento de unidades deu-se ao aumento da climatização nos edifícios e da informatização de sistemas (EPE, 2016).

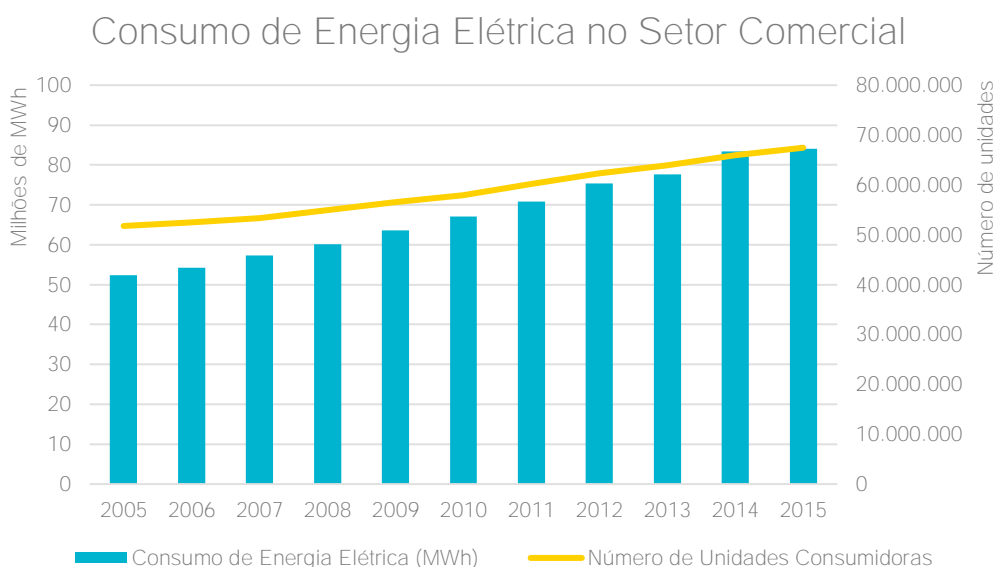


Figura 46 – Consumo de Eletricidade em Edifícios Públicos | Classe de Consumo: Comercial, Serviços e Outras
Fonte: elaboração própria, com dados da ANEEL (2017c)

Consumo de Energia Elétrica no Setor Público

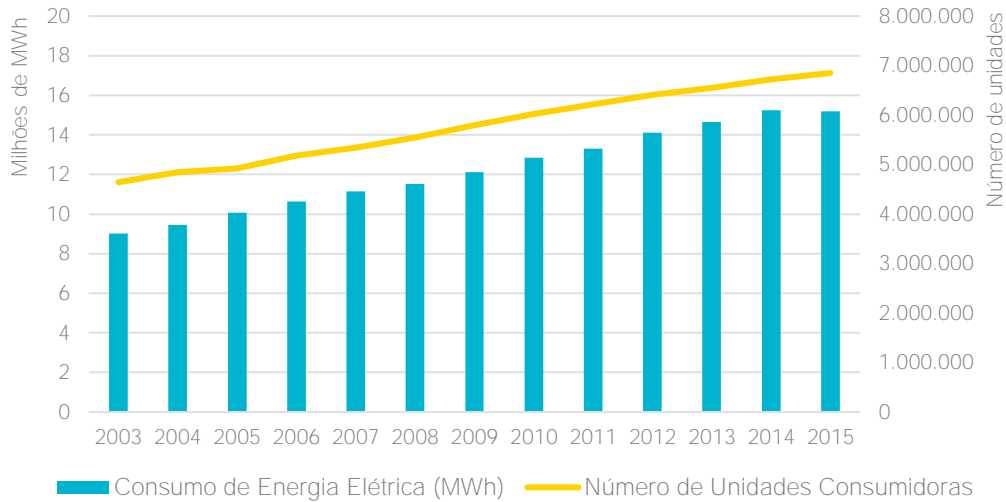


Figura 47 – Consumo de Eletricidade em Edifícios Públicos | Classe de Consumo: Poder Público
Fonte: elaboração própria, com dados da ANEEL (2017c)

Quanto aos usos finais de energia em edifícios comerciais e públicos, os dados disponíveis da PPHU da Eletrobras apontam que as maiores cargas são de sistemas de ar condicionado, iluminação e equipamentos de escritório (CBCS, 2014), como mostra a Figura 48. Vieira (2016) apresenta também em seu estudo a curva de carga do setor comercial brasileiro, onde pode ser vista a composição dos consumos finais ao longo do dia, o expediente médio do setor (das 8h às 20h), e o horário de ponta típico, que ocorre entre 17h e 21h (Figura 49).

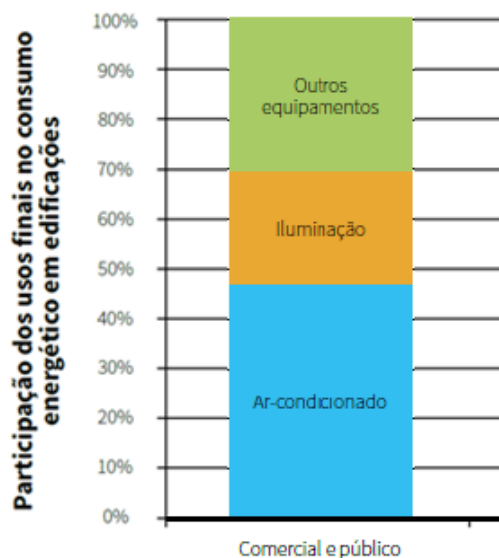


Figura 48 – Consumo de eletricidade por uso final no setor comercial e público
Fonte: adaptado de CBCS (2014)

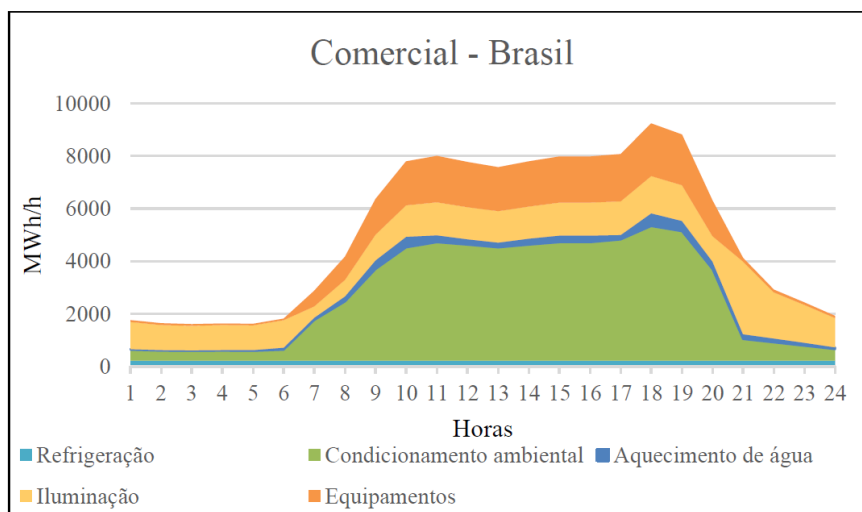


Figura 49 – Curvas de carga do setor comercial brasileiro
 Fonte: VIEIRA (2016)

Frente ao aumento dos preços no horário de ponta, o setor comercial adotou como medida de gerenciamento a instalação de motogeradores de eletricidade movidos a diesel e gás natural para utilização neste período – normalmente três horas consecutivas entre 17h e 21h (EPE, 2015). Os valores encontrados para essa autogeração são da ordem de 7 a 9 GW, representando aproximadamente 10% da demanda máxima registrada no SIN, e mostram a relevância dessa medida, que acarretou no deslocamento do horário de ponta clássico para o meio da tarde. O subgrupo tarifário mais representativo por essa mudança de comportamento é o A4 (atendimento em tensão de 2,3 kV a 44 kV). Existem potenciais de cogeração de energia neste contexto, que podem também ser adotados como medida de gerenciamento, mas eles ainda são pouco explorados.

A grande participação do condicionamento ambiental no consumo total de energia em edifícios comerciais e públicos está relacionada ao nível de conforto térmico proporcionado. Variações na latitude, altitude, e região bioclimática são grandes agentes na determinação da temperatura de uma região. Contudo, há um fenômeno específico que a altera de forma significativa, ainda que todos os fatores geográficos permaneçam inalterados: as ilhas de calor. Elas ocorrem em regiões urbanas, necessariamente, onde as temperaturas são mais elevadas do que ao seu redor - como um **“oásis ao inverso”** (Gartland, 2010).

Este fenômeno ocorre devido à redução de áreas vegetadas e à grande quantidade de materiais de construção constituintes do meio urbano, como concreto, vidro, aço, asfalto e alvenaria. Logo, quanto mais urbanizada uma cidade, com grandes torres e avenidas, maiores são os efeitos do fenômeno. Segundo Gartland (2010), os materiais de construção civil, por serem impermeáveis e estanques, retêm mais o calor do sol do que a vegetação natural, e com isso as temperaturas no entorno das edificações se elevam.

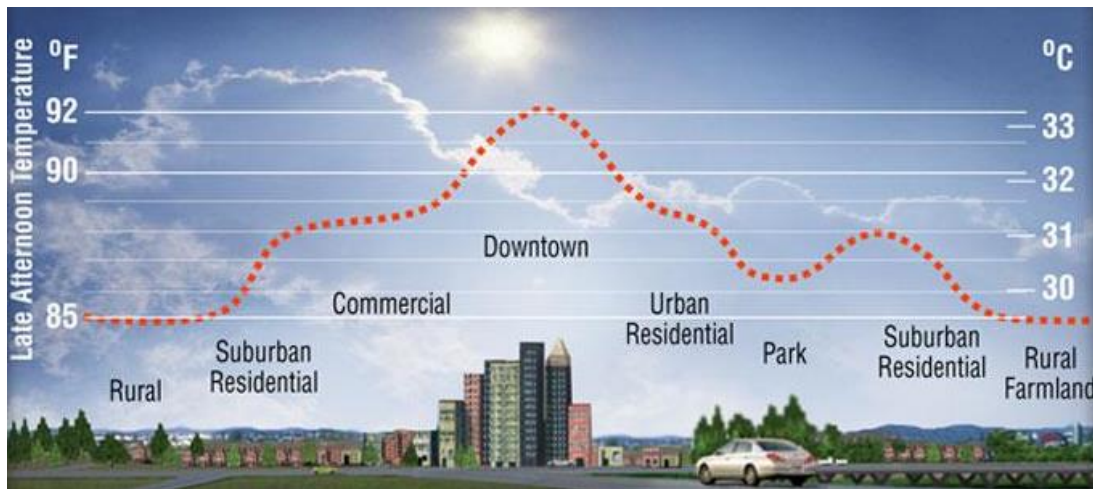


Figura 50 - Gráfico ilustrando a temperatura por tipo de área (urbana central, urbana residencial, suburbana e rural)
Fonte: Heat Island Group, Berkeley Lab.

As soluções de baixo impacto ambiental para edifícios têm por objetivo minimizar o acréscimo de calor causados pelos edifícios no clima local. Para tanto, elas contemplam a diminuição da absorvidade dos materiais de construção, como coberturas e paredes (Goulart, 2016). Paralelamente a esse processo, o aumento de temperatura devido à ilha de calor em um microclima urbano é diretamente responsável por um maior consumo de energia pelos equipamentos de refrigeração, como o ar condicionado, o que aumenta a pressão sobre o sistema de distribuição de energia da cidade, especialmente nos horários de pico (EPA, 2008). Segundo Akbari (2005), o aumento de temperatura nos centros urbanos ao longo das últimas décadas fez com que 5% a 10% da demanda total de energia das cidades fosse dedicada a compensar os efeitos da ilha de calor. Com esses dois fenômenos interligados e ocorrendo de forma simultânea, percebe-se a existência de um ciclo contínuo em que o edifício causa um impacto no clima local e este, por sua vez, retorna esse impacto na forma de maior consumo energético por parte do edifício.

As soluções em busca de um edifício com menor emissão de carbono, portanto, contemplam também soluções em materiais. Os *Cool Roofs*, por exemplo, são telhados que permanecem até 30°C abaixo dos modelos comuns durante o verão, por meio de técnicas que aumentam a reflexão e diminuem a quantidade de calor enviada para o edifício (EPA, 2008). Alternativamente, é possível também apenas pintar os telhados com cores claras, uma medida com alto custo benefício e que contribui positivamente para o microclima local.

Em se tratando do horizonte de longo prazo, o PNE 2050 estima que o setor comercial brasileiro terá ganhos anuais de participação no consumo de energia a uma taxa de 4,3%, destacando um ganho ainda maior de eletrificação e uso de gás natural, como mostra a Figura 51.

Existem ainda hoje poucos dados publicados sobre o consumo e os usos finais de energia nos setores comercial e público. O Projeto Desempenho Energético

Operacional (DEO) do CBCS representa então um grande avanço na busca do melhor entendimento do consumo energético de edificações em operação. A seguir apresentam-se os principais resultados para as tipologias agência bancária, edifícios públicos e edifícios corporativos. Estas informações podem ser tomadas como base representativa dos consumos energéticos típicos nas dadas tipologias.

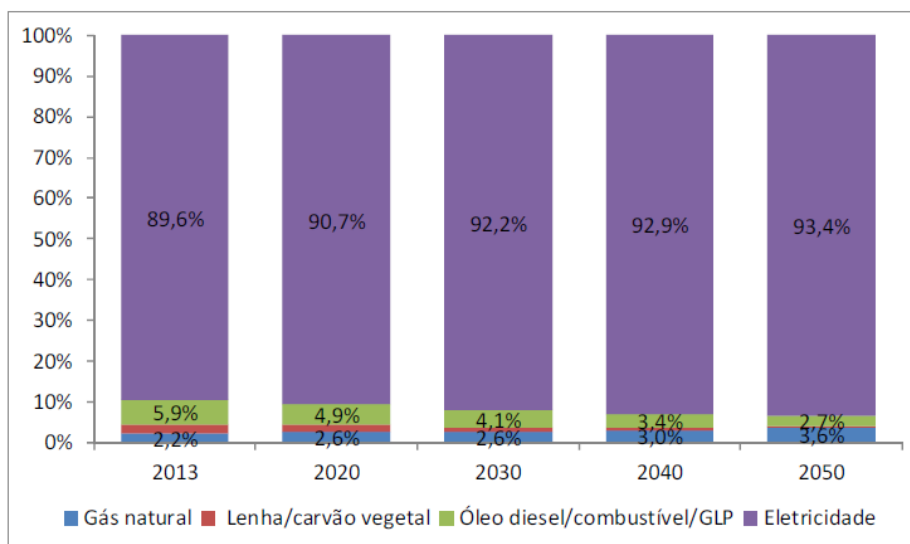


Figura 51 – Evolução da matriz de consumo de energia no setor comercial brasileiro
Fonte: EPE (2016)

Agências bancárias

O desenvolvimento do benchmark para agências bancárias contou com dados estruturais e de consumo de bancos públicos e privados de todo o Brasil. Dos 11.000 dados brutos recebidos, 8.166 foram utilizados em análises estatísticas e 18 auditorias energéticas foram realizadas. A média de consumo por agência é de 12 MWh/ano, e mudou muito pouco desde 1988, menos de 10% – as principais mudanças foram o aumento da presença de sistemas de condicionamento de ar, maior uso de computadores e sistemas de iluminação mais eficientes, e uma redução nos ganhos solares (CBCS, 2013).

Existe certo nível de padronização dos usos e horários de funcionamento; há condicionamento de ar e áreas dedicadas para caixas eletrônicos e servidores, com horários de uso diferentes da parte central da agência. As maiores variações de consumo se devem à eficiência de utilização dos sistemas prediais e da zona bioclimática em que estão inseridas.

A Figura 52 apresenta os resultados de usos finais de energia a partir de simulações termo-energéticas de um modelo paramétrico, representativo para o estoque nacional de agências bancárias. Observa-se nos valores de consumo obtidos uma forte dependência do clima – quanto mais quente a região, maior o consumo da agência modelo. De modo geral, os sistemas de iluminação e os equipamentos de

escritório representam cargas importantes, e, em climas mais quentes, a parcela do ar condicionado é dominante.

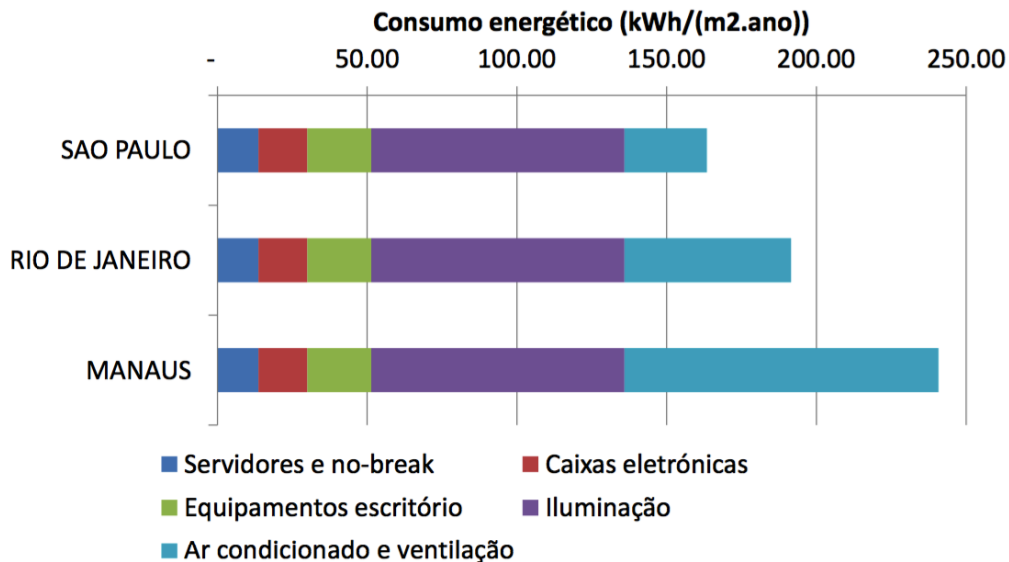


Figura 52 – Consumos típicos de agências bancárias para três cidades brasileiras
Fonte: CBCS (2013)

Edifícios públicos

Para o desenvolvimento do benchmarking de edifícios públicos foram coletados dados básicos de consumo de 207 edifícios públicos, e 138 foram incluídos numa base de dados mais detalhada, e utilizados para realizar as análises estatísticas. Um total de 20 edifícios receberam diagnósticos energéticos como parte deste projeto. A grande variação das características encontradas levou à separação dos edifícios em médios e grandes, resultando na criação de dois arquétipos para a realização das simulações. O arquétipo do edifício médio é caracterizado por um edifício de forma retangular com seis pavimentos, e o edifício grande com geometria semelhante e 12 pavimentos.

Os principais usos finais desta tipologia são semelhantes aos edifícios corporativos de escritório: condicionamento de ar, iluminação, cargas de tomada e processamento de dados (CPDs) em muitos casos. O consumo varia de acordo com o clima local, a eficiência dos sistemas instalados e a própria operação do edifício. Porém, é importante citar algumas características desta tipologia que a diferenciam dos escritórios corporativos (descritos abaixo):

- Uma proporção significativa não tem ar condicionado instalado no edifício inteiro;
- Muitos edifícios não atingem condições adequadas de conforto térmico e visual, mesmo quando há ar condicionado instalado;

- Em alguns casos, problemas e desafios na contratação de instalações dificulta o retrofit e adequação dos edifícios; e
- Muitos edifícios são de uso misto (climatização artificial e ventilação natural).

Escritórios corporativos

São considerados edifícios corporativos grandes edificações, normalmente com mais de 18 andares e 700 m² de área de laje. Possuem altas densidades de consumo energético, devido principalmente ao intenso uso de computadores e centrais de processamento de dados (CPD). Além disso, quase 100% da área útil é condicionada, predominando sistemas de água gelada (com chillers e fancoils) e, em novas edificações, VRFs (sigla em inglês para sistema com fluxo variável de fluido refrigerante). Uma peculiaridade da tipologia é a possibilidade de os prédios serem mono ou multiusuários, devido à prática comum de locação de salas e lajes.

O desenvolvimento do benchmarking desta tipologia se deu a partir de análises estatísticas de 249 edifícios, sendo a maior parte deles localizados nas grandes cidades brasileiras, principalmente São Paulo e Rio de Janeiro (75%), e de auditorias energéticas em oito edifícios corporativos de alto padrão (CBCS, 2016). Os principais usos finais de eletricidade desta tipologia são ar condicionado (refrigeração, rejeição de calor e ventilação), iluminação, e cargas de tomada e UPS, como mostra a Tabela 5.

*Tabela 5 – Usos finais e estimativas dos usos finais de energia em escritórios corporativos
Fonte: elaboração própria, com dados do CBCS (2016)*

Uso final	Descrição	Consumo estimado (kWh/m ² /ano)
Refrigeração	Chillers (compressores), bombas de água gelada, Sells (apenas compressor), VRF (apenas compressor), Splits	60 - 100
Rejeição de calor	Torres de resfriamento, bombas de água de condensação (BACs), ventiladores (de chiller ou VRF com condensação a ar), Drycoolers	10 - 15
Ventilação (insuflamento)	Fancoils e fancoletes, evaporadoras, Sells (apenas ventilador para insuflamento), ventiladores para renovação de ar, exaustores dos pavimentos ou banheiros para extração de ar	9 - 20
Exaustão nos Subsolos	Exaustores dos subsolos	0 - 15
Iluminação	Toda a iluminação predial (áreas privativas, comuns, externas, estacionamentos, etc)	30 - 40
Cargas de Tomada e UPS	Individuais: laptops, desktops, monitores, telefones Coletivas: impressoras, copiadoras, máquinas de café, micro-ondas, geladeiras, etc	20 - 45
Data Centers	Servidores, UPS e sistemas de climatização exclusivos dos Data Centers (incluindo refrigeração, rejeição de calor e ventilação/insuflamento)	0 - 200

Uso final	Descrição	Consumo estimado (kWh/m ² /ano)
Outras cargas especiais	Eventuais outros consumos e usos finais não contemplados nas demais categorias, como laboratórios, antenas de telefonia, e demais cargas excepcionais	0 - 50
Bombeamento de água	Bombas de água potável, pluvial, de recalque e de esgoto	1 - 3
Cozinhas	Equipamentos elétricos de cozinhas e restaurantes, sistemas completos de refrigeração de alimentos, como câmaras frigoríficas, sistemas de exaustão	0 - 25
Elevadores	Motores dos elevadores	4 - 14

Para ilustrar a utilização do benchmarking energético para edifícios corporativos, foram inseridos dados de um edifício fictício na plataforma de cálculo do CBCS. O resultado gerado permite a comparação entre o consumo do edifício e o consumo típico na tipologia no Brasil, de acordo com a localidade – o modelo fictício utilizado se localiza na cidade de São Carlos, SP.



Figura 53 – Exemplo de cálculo de benchmarking para edifício fictício na plataforma de benchmarking do CBCS (<http://benchmarkingenergia.cbcs.org.br/>)

4. Edifícios de baixo consumo de energia e de zero carbono

O conceito de edifícios de zero energia (NZEBS, sigla em inglês para *Net-Zero Energy Buildings*) e de zero carbono é atualmente objeto de políticas energéticas ao redor do mundo como uma das estratégias para reduzir as emissões nacionais de GEE. Este capítulo tem por objetivo descrever as diferentes definições utilizadas na conceituação de edificações net-zero, identificar exemplos de projetos net-zero no Brasil, discutir a consideração da energia embutida e levantar o potencial técnico para edifícios net-zero brasileiros.

4.1 Edifícios Net-Zero

A busca por edifícios net-zero e de baixo carbono pode ser utilizada – e vem sendo utilizada em alguns países – como instrumento de política energética para a transição de uma matriz energética fóssil para uma matriz energética renovável, perante o início do esgotamento das reservas mundiais de petróleo (PACHECO et al, 2013). As primeiras políticas de promoção de NZEBs encontradas na literatura datam do ano 2000, nos Estados Unidos, com a publicação do *US Zero Energy Buildings Outreach and Action Plan* pelo Departamento de Energia (DOE). A partir deste plano, novos edifícios residenciais deveriam ser de zero energia em 2025 e novos edifícios comerciais em 2030, prazos que foram posteriormente antecipados em 5 anos (PACHECO, 2014).

Contudo, a definição de edifícios zero energia ainda é fruto de extenso debate, devido às diferentes interpretações possíveis do termo por parte de diferentes autores. Pacheco, Ghisi e Lamberts (2014) realizaram um mapeamento das definições mais comuns nos dias atuais e demonstram que as definições podem englobar: todo o ciclo de vida (HERNANDEZ e KENNY, 2010); o ciclo de vida adicionado da energia do transporte dos usuários (GOLDSTEIN et al., 2010); e até a inclusão da energia na produção de alimento e seu transporte até o edifício (POGHARIAN, 2008). Contudo, ainda há variações na proposta do conceito utilizado, fazendo com que seja possível que um mesmo edifício seja considerado de energia zero em um ou mais critérios, ao mesmo tempo que para outros não (PACHECO, 2014). A Tabela 6 apresenta de forma sintetizada as diferentes definições.

Independentemente da definição escolhida para edifícios net-zero, existem alguns fatores críticos para alcançar seu objetivo: o número de andares, as cargas de equipamentos e processos, as atividades realizadas e a localização geográfica (PACHECO, 2014). Existem, portanto, tipologias que podem alcançar o net-zero com mais facilidade do que outras. Edifícios de muitos pavimentos, por exemplo, possuem área de projeção muito inferior à sua área útil total, limitando assim o número de geradores fotovoltaicos ou eólicos na cobertura. Pacheco et al (2013) identifica algumas tipologias mais aptas a se tornarem net-zero, descritas na Tabela 7.

Tabela 6 – Tipos de edifícios de energia zero

Fonte: elaboração própria, com dados de PACHECO (2014)

Tipos de edifícios de zero energia	
Edifício de zero energia local	A produção anual de energia é igual ao consumo anual de energia, verificado no medidor de consumo elétrico do próprio edifício.
Edifício de zero energia primária	A produção anual de energia é igual ao consumo anual de energia primária. Contabiliza toda a energia utilizada no processo de produção e transmissão da energia até chegar ao edifício, bem como a natureza da fonte de energia.
Edifício de custo zero de energia	A produção anual de energia local é, em custo, igual ao seu consumo anual. Considera a diferença entre o total consumido e os incentivos governamentais em forma de crédito.
Edifício de emissão zero (ou de zero carbono)	A produção de energia renovável é igual ao seu consumo de energia de fontes não-renováveis.

Tabela 7 – Tipologias mais aptas a se tornarem net-zero

Fonte: elaboração própria, com dados de (PACHECO et al, 2013)

Tipologia	Potencial
Galpões comerciais não refrigerados	Apresentam maior facilidade de atingir e ultrapassar o balanço zero, dado que normalmente são térreos e com baixo consumo de energia. Os subsetores comerciais seguintes seriam: edifícios de escritórios, educacionais e lojas.
Hotéis litorâneos (região Nordeste)	Excelentes condições para geração eólica com balanço zero
Habitações	Tecnicamente, é o subsetor com mais facilidade em atingir a meta em larga escala, e, socialmente, é o mais frágil e suscetível de regredir para uma condição de pobreza energética perante o cenário futuro de preços de energia mais elevados, decorrente da transição de matriz energética.

A rede inteligente (*smart grid*) e a eficiência energética são condições desejáveis e necessárias para a implantação de edifícios net-zero – bem como a energia renovável deve estar disponível por toda a vida útil do edifício (PACHECO, 2014). Em aproximadamente um terço dos edifícios de zero energia ao redor do mundo, a redução do consumo de energia quando comparado a edifícios convencionais chega a 60% (IPCC, 2014). Com relação à disponibilidade de geração de energia para net-zero, a Figura 54 apresenta uma hierarquia para as opções de fornecimento de energia.

NÚMERO	OPÇÕES DE LOCAIS DE FORNECIMENTO DE ENERGIA	EXEMPLOS
0	Reduzir consumo de energia através de tecnologias de baixo consumo de energia	Iluminação natural, sistemas de condicionamento de ar, equipamento e iluminação de alta eficiência, ventilação natural, resfriamento evaporativo.
OPÇÕES LOCAIS DE FORNECIMENTO DE ENERGIA		
1	Uso de fontes renováveis de energia disponíveis dentro da implantação do edifício	Sistema fotovoltaico, aquecimento solar de água, e sistema eólico localizados no edifício.
2	Uso de fontes renováveis de energia disponíveis dentro do terreno	Sistema fotovoltaico, aquecimento solar de água, geração hidrelétrica de baixo impacto e sistema eólico localizados no terreno, mas fora do edifício.
OPÇÕES EXTERNAS DE FORNECIMENTO DE ENERGIA		
3	Uso de fontes renováveis de energia disponíveis fora do terreno para gerar energia no terreno	Biomassa, lenha, etanol ou biodiesel podem ser importados de fora do terreno ou subprodutos do terreno que podem ser processados in loco para gerar eletricidade e calor.
4	Compra de energia renovável fora do terreno	Compra de energia gerada por sistemas eólicos, fotovoltaicos, créditos de carbono ou outras opções “verdes” para compra de energia.

Figura 54 – Hierarquia das opções de fontes de energia em edifícios net-zero
Fonte: PACHECO et al (2013)

Em se tratando de hierarquia de fontes de energia, o Reino Unido estabelece três critérios que as construções devem atender para serem consideradas de zero carbono (Figura 55):

- não ultrapassar a demanda máxima de energia para aquecimento e resfriamento, obedecendo o padrão determinado (*Fabric Energy Efficiency Standard – FEES*);
- todas as emissões de carbono restantes que não de aquecimento e resfriamento, aquecimento de água, iluminação e ventilação devem ser menores ou igual ao limite de Conformidade de Carbono (*Carbon Compliance*, em inglês);
- quaisquer emissões remanescentes mitigadas através de fontes reguladas de energia devem ser reduzidas a zero (conhecido como *Allowable Solutions*).

As fontes de energia reguladas recebem os conhecidos Certificados de Energia Renovável (RECs, na sigla em inglês para *Renewable Energy Certificate*). No Brasil, existe o Programa de Certificação de Energia Renovável, uma iniciativa conjunta da

Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) e da Associação Brasileira de Energia Limpa (Abragel). O programa conta com duas certificações: (a) Certificação de empreendimentos de geração de energia renovável elegíveis; e (b) Concessão de Selo voltado para consumidores da energia certificada.

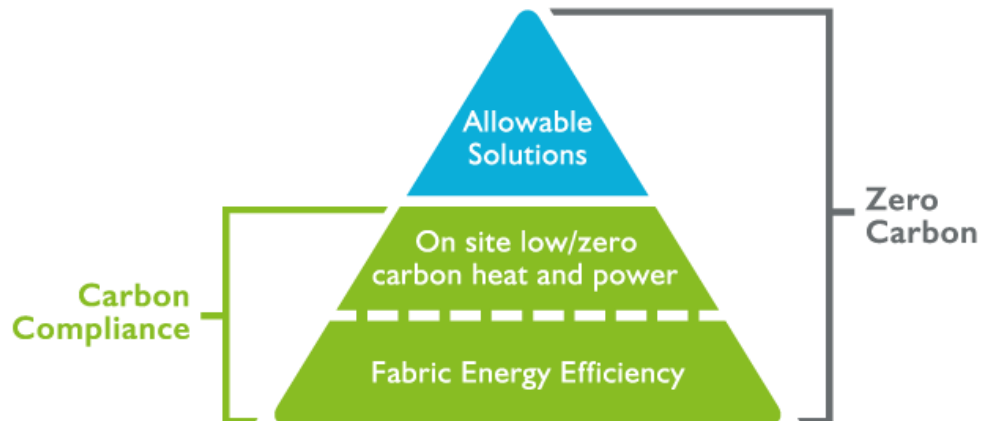


Figura 55 – Política de Zero Carbono do Reino Unido
Fonte: ZERO CARBON HUB (2016)

4.2 Programas internacionais de edifícios net-zero

Internacionalmente, a maioria das certificações voluntárias socioambientais enfoca a temática completa da sustentabilidade em edificações, priorizando a redução do consumo de energia. É apenas depois de considerar a redução de consumo que a geração no local é considerada. Existem poucos sistemas de certificação que buscam creditar edifícios de zero-energia.

O [International Living Future Institute](#) é um organismo internacional que conta com um sistema de certificação exclusivo para edifícios zero energia. A certificação é parte do conjunto de normas conhecido como *Living Building Challenge* (LBC – em português, Desafio da Construção Viva), uma das mais rigorosas e progressivas normas de desempenho ambiental de edifícios em operação.

Diferentemente de outras certificações que utilizam o esquema de *checklists* ou se baseiam em projeções e modelos preditivos, o LBC considera o desempenho real atingido, medido durante período de operação por, pelo menos, 1 ano (SANTOS, 2015). A certificação do sistema LBC para edifícios de zero energia é a *Net Zero Energy Building Certification* (Certificação de Edifício Net Zero de Energia, em português).

De outubro de 2010 a julho de 2015, 20 edifícios foram certificados pelo sistema LBC, e dentre eles 7 foram certificados como NZEBs. Além destes, outros 204 projetos foram registrados em busca de algum tipo de certificação através do *Living Building Challenge*. A Figura 56 apresenta a distribuição geográfica atual dos projetos registrados e certificados com o *Net Zero Energy Building Certification*. Ainda não existem no Brasil edifícios registrados ou certificados nesta categoria.

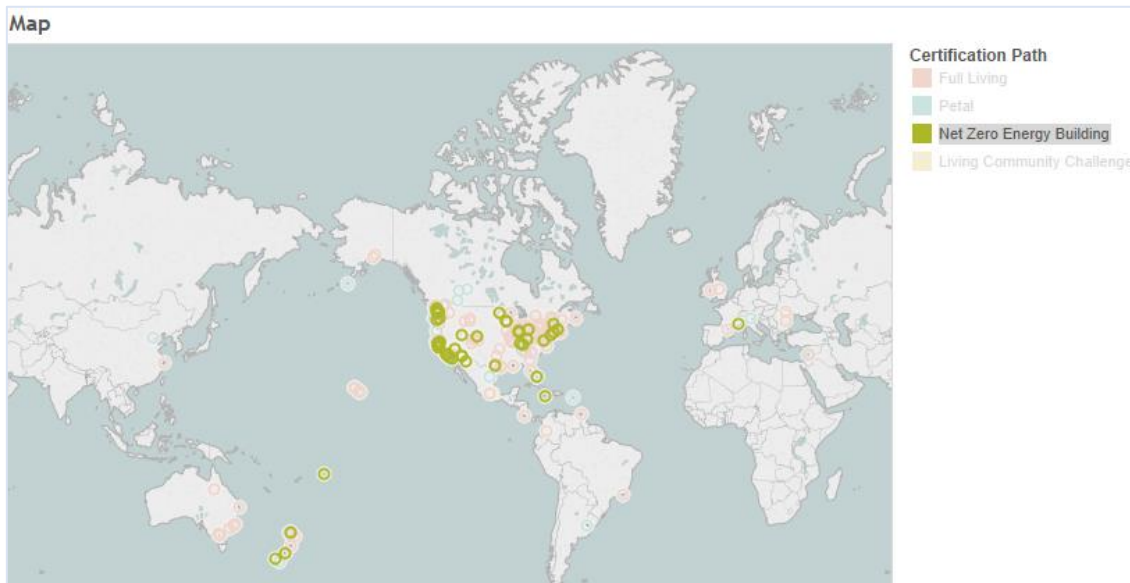


Figura 56 – Mapa das edificações registradas e certificadas Net Zero Energy Building Certification (INTERNATIONAL LIVING FUTURE INSTITUTE, 2016)

A União Europeia vem atuando como pioneira na busca da implementação efetiva de NZEBs desde 2010, com a publicação da Diretiva 2010/31/EU de Desempenho Energético em Edificações (EPBD, sigla para o termo em inglês *Energy Performance of Buildings Directive*). Atuando como o principal instrumento legislativo no tema, a diretiva enfoca os NZEBs como elemento chave na busca pela eficiência energética, definindo que todos os novos edifícios devem ser de zero energia até 2019, além de requerer planos nacionais dos países membros para o aumento de NZEBs.

O Reino Unido, em sua política de zero carbono para edifícios (*The Zero Carbon Buildings policy*, em inglês), exige que todas as casas construídas a partir de 2016 mitiguem todas as suas emissões de carbono locais como um resultado do uso regulado de energia (inclui energia usada em aquecimento e resfriamento, aquecimento de água e iluminação, apenas).

Além destes exemplo, organizações e governos em diversos países estão no processo de discutir e publicar definições localmente apropriadas para edifícios net-zero. Entre estes estão os *Green Building Councils* (GBCs) em diversos países, alinhados com uma iniciativa do World GBC.

O Departamento de Energia dos Estados Unidos publicou uma definição completa de edifícios zero energia em 2015, após diversas consultas, e com uma consideração detalhada de terminologia (US Department of Energy, 2015). Em todas as definições, a importância de eficiência no edifício e a possibilidade de geração fora do local são conceitos que precisam ser resolvidos e podem ser polêmicos.

Algumas das principais definições internacionais estão resumidas no Anexo A.


4.3 Projetos de zero energia no Brasil

É claro que qualquer definição para edifícios net-zero no Brasil terá que tomar uma posição sobre várias questões importantes, tais como:

- Terminologias e definições comuns;
- Consideração de energia operacional e/ou embutida;
- Sistema unificado e confiável de cálculo e previsão de consumo;
- Requerimentos de eficiência energética para o edifício;
- Possibilidade de geração de energia fora do edifício;
- Possibilidade de compra de créditos de energia renovável e as limitações na utilização desta opção;
- Uso de energia primária ou de emissões de CO₂ para normalização de consumo de diferentes fontes energéticas; e
- Procedimentos para documentação e certificação.

Mesmo que ainda não existam critérios definidos para certificação net-zero, existem vários edifícios e projetos pilotos que buscam comprovar que terão geração de energia no local igual ou maior que as necessidades de consumo. Os projetos deste tipo identificados são mostrados a seguir, na Tabela 8.

Tabela 8 – Cases de Projetos Net Zero Energia e Carbono

Edifício	Certificação	Fonte Renovável	Características
<p>Creche Municipal Hassis Florianópolis, SC (Construído)</p> 	<p>LEED Platinum</p>	<p>Painéis fotovoltaicos na cobertura (21 kW)</p>	<p>Construída com recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) e do salário-educação, possui também:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aquecimento solar de água; • Sensores de movimento e luminosidade; • Aproveitamento da iluminação natural.

Edifício	Certificação	Fonte Renovável	Características
<p>RB12 Rio de Janeiro, RJ (Retrofit)</p> 	-	<p>Painéis fotovoltaicos e células de hidrogênio (previsto)</p>	<p>Idealizado pelo escritório de arquitetura franco-brasileiro Triptyque, alinha-se ao conceito do maior projeto de revitalização urbana Porto Maravilha. Possui:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fachada bioclimática e dinâmica, com vidro duplo com brilho diamantado; • Vigas frias e ventilação natural; • Paisagismo suspenso.
<p>Sinduscon PR Curitiba, PR (Projeto)</p> 	LEED Platinum	<p>Painéis fotovoltaicos na cobertura (98 kW)</p>	<p>O novo prédio do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Paraná almeja ser o mais sustentável do Estado, e tem previsão de ser concluído em janeiro de 2018. Prevê:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revestimento da fachada em vidro duplo; • Utilização da tecnologia BIM (<i>Building Information Modeling</i>) no gerenciamento do projeto; • Aproveitamento da iluminação natural.
<p>Sede RAC Engenharia Curitiba, PR (Projeto)</p> 	LEED Platinum	<p>Painéis fotovoltaicos na cobertura</p>	<p>A obra da sede da empresa foi projetada para ser Net Zero. Prevê:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema eficiente de ar condicionado VRF (Fluxo de Gás Refrigerante Variável); • Iluminação com lâmpadas LED e dimerização contínua; • Redução da carga térmica através da envoltória.

Edifício	Certificação	Fonte Renovável	Características
<p>Agência CAIXA Vazante, MG (Construído)</p> 	-	<p>Painéis fotovoltaicos na cobertura (80 kWp)</p>	<p>Inaugurada em 2012, a Agência possui uma área de 650 m². O projeto contou com a parceria da Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ). O tempo de payback foi estimado em 8 anos, e a geração em 115 MWh/ano.</p>
<p>Projeto Noronha Carbono Zero Fernando de Noronha, PE (Projeto)</p> 	-	<p>Painéis fotovoltaicos (usina solar e geração distribuída)</p>	<p>Os governos de Pernambuco e da Califórnia (EUA) visam transformar a ilha de Fernando de Noronha em um laboratório para o desenvolvimento de modelos de gestão sustentável, novos negócios colaborativos e com baixa emissão de carbono. Os experimentos e projetos para o “Noronha Future City” contam com:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Carros elétricos movidos a energia solar e acessados por aplicativos; • Implantação de uma rede inteligente de energia elétrica (<i>smart grid</i>); • Geração distribuída com telhados e fachadas solares; dentre outros.

Fontes: REVISTA GBC BRASIL (2016), SINDUSCON-PR (2016), MASSA CINZENTA (2016), SINDUSCON CORPORATE (2016), GONZALO SERRA (2016), PORTAL BRASIL (2015), SUSTENTARQUI (2014), ARQ!BACANA (2014), ARCHDAILY (2016), GALILEU (2016), CAIXA (2014), FOLHA DE SÃO PAULO (2016) e ONDAZUL (2013).

4.4 Energia operacional e embutida

Os critérios utilizados na avaliação do impacto energético de edificações trazem diferentes resultados e níveis de mitigação. A grande maioria dos métodos de avaliação utiliza a energia operacional de um edifício, ou seja, a energia utilizada durante todo o período de uso e manutenção de um edifício, ao longo de sua vida útil. Entretanto, existem métodos que consideram outras fases do ciclo de vida energético das edificações.

Normalmente, considera-se o ciclo de vida de uma edificação em sete fases, como proposto por Tavares (2006): prospecção e preparo da matéria-prima, transporte da matéria-prima, processo de fabricação dos materiais de construção, transportes dos materiais de construção, obra e construção, vida útil e manutenção, e descarte, deposição ou reciclagem (Figura 57). O consumo de energia é fundamental em todas as fases do ciclo, e pode-se definir diferentes “tipos” de energia a partir dessa sistemática.

O termo Energia Total engloba todo o ciclo de vida energético do edifício, de seus componentes e de cada matéria-prima até a desconstrução - este conceito também é conhecido como do berço ao túmulo (*cradle-to-grave*, na expressão em inglês). A Energia Operacional refere-se ao consumo do edifício durante a fase de vida útil e manutenção (também conhecida como fase de uso ou de operação), isto é, corresponde ao valor da conta de energia ao final de cada mês, e está relacionada aos aparelhos e eletrodomésticos usados para as mais diversas atividades no cotidiano, bem ao consumo de combustíveis. De acordo com Tavares (2006), o conceito de Energia Embutida corresponde às fases de pré-uso, do preparo de matéria-prima até a obra, como pode ser visto na Figura 57.

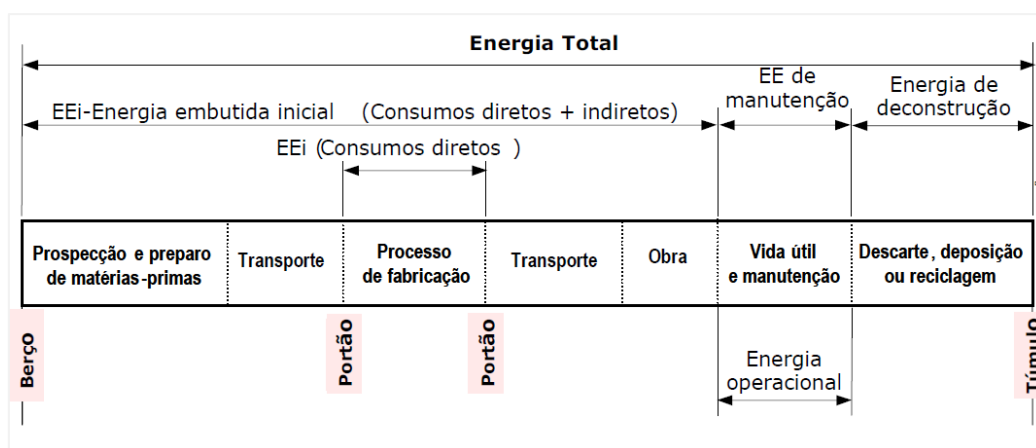


Figura 57 – Ciclo de vida energético e a relação entre energia embutida e energia operacional
Fonte: Tavares (2006)

Ao considerarmos a energia embutida como critério para edifícios net-zero, há um impacto significativo na quantidade de geração de energia requerida. A diferença de

energia entre a energia embutida e a energia operacional não pode ser desprezada: Tavares (2006) mostra em sua tese que, normalmente, demora em média 20 anos para o consumo de energia operacional ultrapassar a quantidade de energia embutida dos materiais.

A Figura 58 apresenta faixas de energia embutida e de fator de emissão de CO₂ para alguns dos materiais mais utilizados no Brasil na construção civil (CBCS, 2013). A partir da figura, observa-se que os diferentes tipos de cimento podem chegar a ter uma energia embutida de mais de três mil megajoules por tonelada. Segundo Romulo (2013), a areia é o maior responsável pela emissão de CO₂ em uma construção, devido ao grande volume de material utilizado. Em seguida, vem o cimento, tendo seu processo químico de produção como principal responsável pelas emissões. A cerâmica se destaca como o material que possui maior gasto energético ligado ao transporte e produção.

Matérias-primas	Fator de Emissão de CO ₂ (kgCO ₂ /t)		Energia incorporada (MJ/t)		Fontes - Fator de Emissão de CO ₂ e Energia
	mínima	máxima	mínima	máxima	
Areia natural	4,2	9,6	55,3	109,0	SOUZA, 2012
Areia industrial	1,3	1,9	17,1	42,1	FALCÃO <i>et al.</i> , 2013
Brita 0	1,2	1,9	13,5	55,3	ROSSI, 2013
Cinza volante	0,0	0,0	0,0	0,0	Resíduo de outro setor
Pedrisco de seixo	1,3	1,9	14,6	42,1	FALCÃO <i>et al.</i> , 2013
Pedrisco	1,3	1,9	14,6	42,1	FALCÃO <i>et al.</i> , 2013
Pó de pedra	1,3	1,9	17,1	42,1	FALCÃO <i>et al.</i> , 2013
Agregado reciclado	0,8	1,8	13,8	20,7	OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2013
Cimento CP II-F	716,4	804,4	3.096	3.240	HEINRICH ¹² ; WBCSD ¹³
Cimento CP II-Z	599,8	804,4	2.592	3.240	HEINRICH ¹² ; WBCSD ¹³
Cimento CP II-E	433,2	804,4	1.872	3.240	HEINRICH ¹² ; WBCSD ¹³
Cimento CP III	174,9	545,2	756	2.196	HEINRICH ¹² ; WBCSD ¹³
Cimento CP IV	344,3	723,9	1.476	2.916	HEINRICH ¹² ; WBCSD ¹³
Cimento CP V	758,0	858,0	3.276	3.456	HEINRICH ¹² ; WBCSD ¹³

Figura 58 - Fator de emissão e energia incorporada para materiais mais comuns.
Fonte: CBCS (2013)

Contudo, a energia embutida não está ligada somente ao tipo de material, com um valor padrão para cada, mas constata-se que há uma grande variação para um

mesmo tipo. Essa diferença se dá por questões ligadas ao fabricante. A localização e, conseqüentemente, a distância, o processo de manufatura, os compromissos ambientais, entre outras variáveis, vão influenciar decisivamente na energia embutida, o que permite uma melhoria no desempenho ambiental de determinado edifício a partir somente da troca de fornecedor (CBCS, 2013). No Brasil, a variabilidade destes valores é alta, e ainda existem poucos dados disponíveis e trabalhos que contemplem estudos mais aprofundados sobre esses valores (TAVARES, 2006).

Em busca de se obter uma melhor percepção do impacto da energia embutida em um edifício, foi feita uma simulação para mensurá-la. Para tanto, utilizou-se a plataforma online do EDGE⁷, de uso gratuito e livre, e como objeto de simulação o arquétipo de edifício público de escritórios médio, com os valores de entrada apresentados na Figura 59.

Variável	Valor
Área total do pavimento (m ²)	830.3
Área de escritório (m ²)	75%
Pavimentos	6
Subsolo	1
Área útil (m ²)	4982
Pé direito útil (m)	2.74
Densidade (m ² /pessoa)	12
Horas de ocupação	10
Dias de trabalho	5
Feriados	12

Figura 59 – Dados de entrada do edifício utilizados no EDGE
Fonte: elaboração própria

O sistema EDGE realiza uma simulação simplificada de consumo energético e consumo de água, com base em condições climáticas locais e informações técnicas sobre o edifício e suas características. Também estima a energia embutida para os principais materiais construtivos utilizados no edifício, utilizando médias internacionais de intensidade energética para materiais produzidos em países emergentes. Os cálculos de materiais não são completos, e não incluem a estrutura do edifício, que é um responsável significativo por consumo de energia. Porém, servem para dar uma ordem de grandeza de consumos energéticos comparativos.

⁷ Disponível em www.edgebuildings.com.

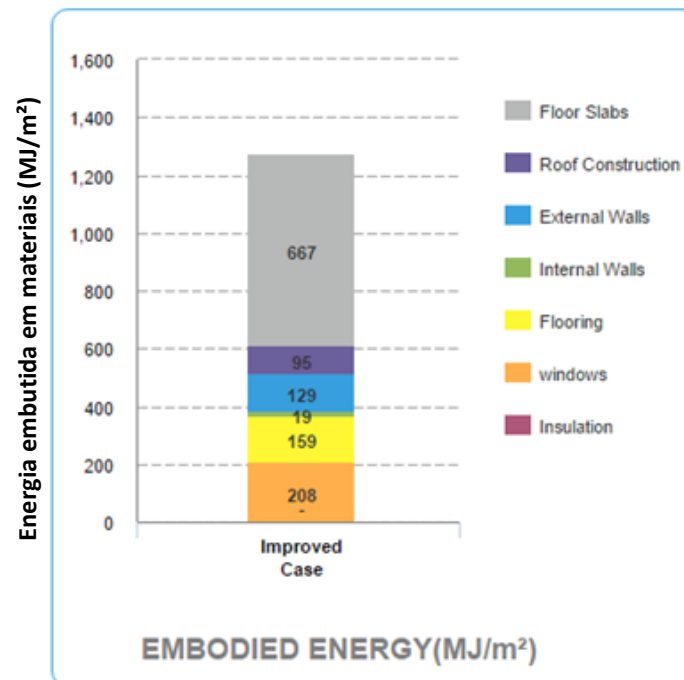


Figura 60 - Estimativa da energia embutida em um edifício público de escritórios (em MJ/m²)
 Fonte: EDGE App

A partir da Figura 60, observa-se que a energia embutida dos principais componentes do edifício é de aproximadamente 354 kWh/m², enquanto o consumo de energia operativa do edifício inteiro é de 124 kWh/m²/ano. Ao se comparar esses dois valores, temos que 2,85 anos do consumo do edifício equivale à energia embutida do edifício. Contudo, é preciso reforçar que o cálculo da energia embutida pelo software do EDGE não engloba todos os materiais e componentes do edifício, mas apenas os principais, como o piso, o telhado, as paredes internas e externas, o chão, as janelas e o isolamento, o que faz do valor encontrado menor do que o correspondente a uma análise completa de ciclo de vida.

Com o cenário de um edifício médio mensurado, realizou-se a mesma operação, mas agora para o cenário mais eficiente. Ele é caracterizado por alterações no próprio software, como redução da relação de janela/parede para 30%, vidros com baixa emissividade, ar condicionado com sistema *water cooler*, sistema de iluminação mais eficiente e sensores de presença. Essas alterações permitiram uma redução de 28,75% no consumo energético anual do edifício, valor acima do necessário para que o edifício seja certificado pelo EDGE (Figura 61). Portanto, a energia operativa foi reduzida para 92 kWh/m²/ano e a energia embutida para 344,72 kWh/m²/ano, o que faz com que a energia embutida do edifício corresponda a 3,75 anos do seu consumo operativo nesse cenário.

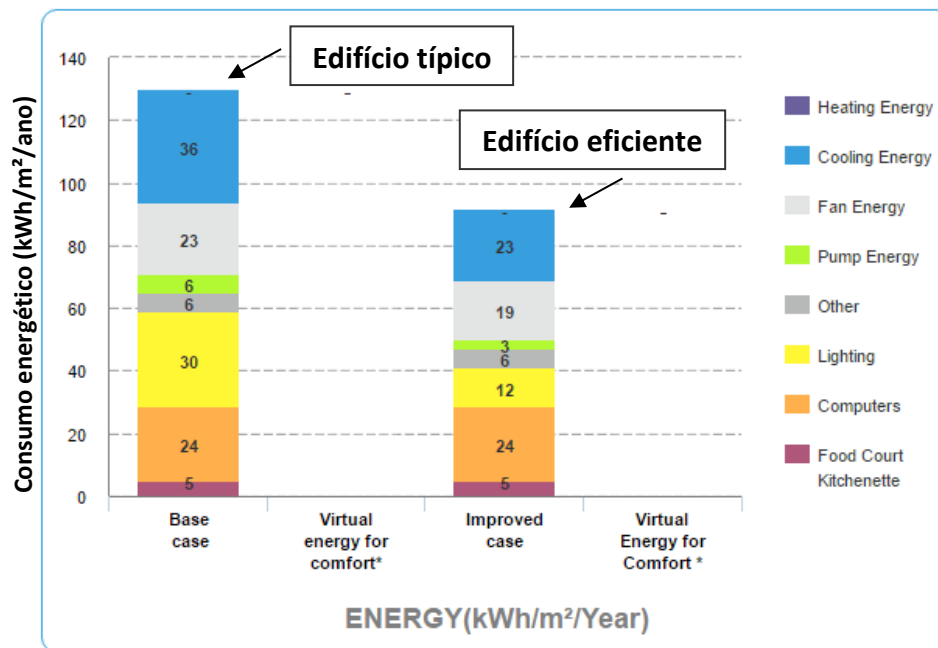


Figura 61 – Estimativa de consumo anual de energia (em kWh/m²/ano) para um edifício público de escritórios.
 Fonte: EDGE App

Ao comparar os resultados obtidos com outros observados em outros artigos, notou-se uma grande variação entre os resultados. A tese de Tavares (2006) indica que a energia embutida corresponde a 20 anos da energia operacional, enquanto o artigo de Waldron et al. (2013) indica que os valores podem variar entre 4 a 7 vezes, dependendo da tipologia do edifício, valores similares aos levantados na simulação. Presume-se que essa diferença se dê pelo fato de o estudo também considerar apenas as principais partes da estrutura.

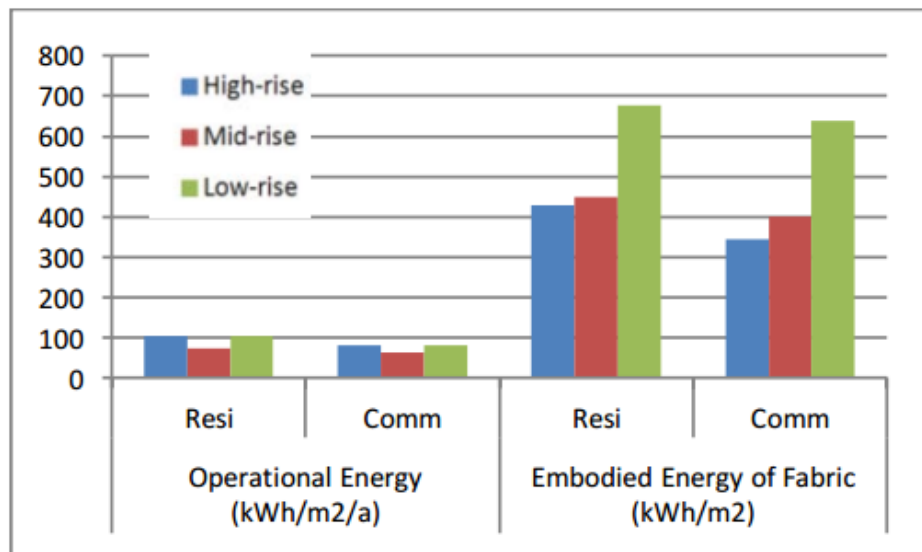


Figura 62 – Gráfico com relação da energia operacional e energia embutida.
 Fonte: Waldron et al. (2013)

Em relação a emissões de carbono, é importante notar que os valores serão diferentes dos valores simulados, devido ao uso de diferentes fontes de energia para produção de materiais e operação de edifícios, e também às emissões de processo químico associados ao cimento. Costa (2012) afirma que ainda não há bibliografia suficiente para quantificação de emissões geradas pelos produtos utilizados na construção civil no cenário brasileiro, cabendo à sua dissertação uma proposta de método para quantificação das emissões de CO₂. Segundo seu método, para uma residência de baixa renda na cidade do Rio de Janeiro, as emissões geradas pela produção e transporte de materiais e pelo consumo de energia elétrica na obra, a energia embutida, correspondem a 8,332 tCO₂ de um total de 20,44 tCO₂ geradas durante todo o ciclo de vida, ou seja, ultrapassando 40% do total de emissões durante toda a vida do edifício.

Com os resultados apresentados, percebe-se que para que um edifício se torne zero-energia, é preciso atentar-se ao tipo de energia considerada. O desafio é consideravelmente maior ao incluir o conceito de energia embutida, justamente por retratar o cenário mais fiel à realidade. Um edifício projetado considerando também a energia embutida teria que compensar toda a energia consumida por todos os seus materiais antes da fase de uso do mesmo.

4.5 Geração renovável e balanços energéticos

A fim de levantar dados técnicos de potencial para edifícios Net-Zero no Brasil, foram realizados balanços energéticos para seis tipologias visando zerar o consumo energético e as emissões de carbono anuais através da geração fotovoltaica distribuída, utilizando apenas a área do telhado, por ser a fonte energética que mais cresce no país.

Para avaliar e estimar o consumo de energia típico anual de cada tipologia, foram utilizados estudos prévios de benchmarking e gestão de energia, além dos dados do Balanço Energético Nacional (BEN) e dos Inventários de Emissão de Carbono disponibilizados pelo MCTI. As tipologias consideradas são: edificação multifamiliar de Habitação de Interesse Social (HIS), edificação unifamiliar de média renda, escola, agência bancária, edifício público e edifício corporativo (Figura 63). A descrição e as referências dos arquétipos considerados estão dispostas na Tabela 10.

Para cada tipologia, foram realizadas as seguintes atividades:

- a. Identificação do consumo de eletricidade típico anual e cálculo do número de painéis fotovoltaicos de 250 Wp necessários para tornar o edifício net-zero de energia local;
- b. Identificação do consumo de eletricidade anual do modelo de alta eficiência e cálculo do número de painéis fotovoltaicos de 250 Wp necessários para tornar o edifício net-zero de energia local;
- c. Identificação do consumo de combustíveis (GLP) anual e cálculo do número de painéis fotovoltaicos de 250 Wp a mais necessários para zerar as emissões por queima de combustíveis considerando o fator de emissão do SIN médio mensal (ano de 2015);
- d. Cálculo do número de painéis fotovoltaicos de 250 Wp a mais necessários para zerar as emissões por queima de combustíveis considerando o fator de emissão do SIN na margem de operação (ano de 2015).
- e. Cálculo da quantidade máxima de painéis fotovoltaicos de 250Wp que cabem na área de telhado típico de cada tipologia, para comparação com a área e número de painéis requeridos nos itens a) ao d).

As tipologias que possuem consumo significativo de combustíveis são só as que representam o setor residencial: edificação multifamiliar de HIS e edificação unifamiliar de média renda. As outras tipologias representam o setor comercial e público, que possuem mais de 90% de seu consumo energético com eletricidade. Sendo assim, os itens (c) e (d) consideraram apenas as tipologias residenciais.

Para os modelos de alta eficiência, foram consideradas as medidas de eficiência energética (MEEs) dispostas na Tabela 11. A única tipologia, entretanto, em que não foi considerado um modelo de alta eficiência foi a escola, dada a baixa quantidade de dados disponíveis, e também pelo fato de que os dados disponíveis não são

representativos de edifícios de educação com abrangência nacional. Não foram consideradas MEEs para o consumo de combustíveis.

Em termos de localização geográfica, os cálculos foram feitos considerando a cidade de São Paulo, para todas as tipologias, à exceção das escolas públicas, que foram consideradas apenas no Rio de Janeiro, dada a especificidade de seu arquétipo. A agência bancária e os edifícios públicos e corporativos, por possuírem estudos de benchmarking desenvolvidos pelo CBCS, puderem ser analisados também nas cidades de Rio de Janeiro e Salvador. Para a geração fotovoltaica, além da consideração do sistema descrito na Tabela 9, utilizaram-se os dados de produtividade média para cada concessionária de KONZEN (2014), conforme a

Tabela 2.

Tabela 9 – Características dos sistemas fotovoltaicos considerados

Fonte: KYOCERA (modelo KD250) e KONZEN (2014)

Painel fotovoltaico e geração	
Comprimento (m)	1,66
Largura (m)	0,99
Área (m ²)	1,65
Rendimento global do sistema elétrico (KONZEN, 2014)	0,75
Área corrigida (m ²)	2,19
Potência nominal (Wp)	250

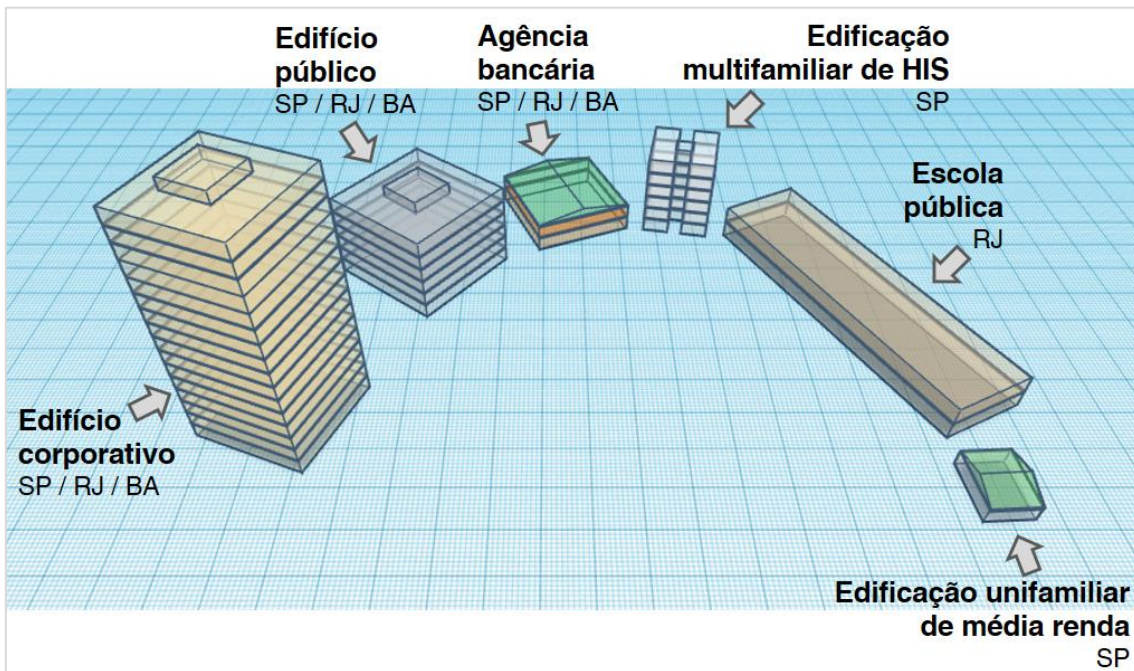


Figura 63 – Tipologias consideradas para avaliação de potencial de edifícios net-zero

Fonte: Elaboração própria

Tabela 10 – Arquétipos considerados para avaliação de potencial Net-Zero

Tipologia	Número de pavimentos	Área total (m ²)	Área de projeção (m ²)	Condicionamento de ar	Principais energéticos	Referências
Edificação multifamiliar de HIS	5	972	194,4	Não	Eletricidade e GLP	Arquétipo de edifício multifamiliar do PMCMV Faixa 1, com 20 apartamentos no total. Estudos considerados: - <i>Linha de base e potencial de redução de emissões de gases de efeito estufa no setor de Habitações de Interesse Social no Brasil</i> (MITSIDI, 2015a) - <i>Alternativas Sustentáveis para HIS</i> (WRI, 2016) O consumo de combustível (GLP) considerado é de 0,201 tep/(domicílio.ano), conforme dados da EPE (2016).
Edificação unifamiliar de média renda	1	145	145,0	Sim	Eletricidade e GLP	Arquétipo de casa térrea unifamiliar de média renda, segundo modelo 4 proposto por Tavares (2006), com consumo mensal de eletricidade de 420 kWh. O consumo de combustível (GLP) considerado é de 0,201 tep/(domicílio.ano), conforme dados da EPE (2016). Os usos finais foram estimados de acordo com dados do CBCS (2014).
Escola pública	2	3.194	1.597	Parcial	Eletricidade	Arquétipo de edifício público educacional do Estado do Rio de Janeiro, com mais de 400 unidades no Estado, conhecido popularmente como “Brizolão”. O uso de condicionamento de ar não é homogêneo , sendo que algumas unidades possuem e outras não. Estudo considerado: - <i>Capacitação de profissionais e desenvolvimento de plano estratégico para eficiência energética em edifícios públicos no estado do Rio de Janeiro</i> (MITSIDI, 2015b)

Tipologia	Número de pavimentos	Área total (m ²)	Área de projeção (m ²)	Condicionamento de ar	Principais energéticos	Referências
Agência bancária	2	1.220	610,0	Sim	Eletricidade	Arquétipo de agência bancária segundo o projeto Desempenho Energético Operacional (DEO) do CBCS.
Escritório público	6	4.980	830,0	Sim	Eletricidade	Arquétipo de edifício público segundo o projeto Desempenho Energético Operacional (DEO) do CBCS.
Escritório corporativo	16	12.000	750,0	Sim	Eletricidade	Arquétipo de edifício corporativo segundo o projeto Desempenho Energético Operacional (DEO) do CBCS.

Tabela 11 – Consumo de energia para os diferentes arquétipos considerados
 Fonte: elaboração própria

Tipologia	MEEs consideradas no modelo de alta eficiência	UF	Consumo típico anual de eletricidade (MWh/ano)	Consumo anual de eletricidade do modelo de alta eficiência (MWh/ano)	Consumo anual de combustíveis (GLP em tep/ano)
Edificação multifamiliar de HIS	<ul style="list-style-type: none"> Medidas de arquitetura passiva (Ex. caixilhos maiores, pintura externa com cores claras); Aquecimento solar de água. 	SP	32,8	22,9	0,17
Edificação unifamiliar de média renda	<ul style="list-style-type: none"> Aquecimento solar de água; Iluminação LED; Bomba de calor (resfriamento). 	SP	3,6	3,4	0,01
Escola pública	N/A	RJ	79,6	N/A	N/A
Agência bancária	<ul style="list-style-type: none"> Menor densidade de iluminação; Fachada de 100% para apenas 30% envidraçada; Novo sistema de condicionamento de ar, COP: 3. 	SP	200,8	152,4	N/A
		RJ	254,7	193,2	N/A
		BA	331,0	251,0	N/A
Escritório público	<ul style="list-style-type: none"> Iluminação mais eficiente; Sistemas de condicionamento de ar mais eficientes; Vidros de alta eficiência na fachada. 	SP	703,2	620,0	N/A
		RJ	782,9	680,3	N/A
		BA	893,9	757,0	N/A
Escritório corporativo	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas de condicionamento de ar mais eficientes; Melhor envoltória; Operação eficiente. 	SP	2.349,4	1.924,8	N/A
		RJ	2.453,5	2.012,8	N/A
		BA	2.601,0	2.137,6	N/A

Resultados

Os resultados dos cálculos de número de painéis necessários para tornar o edifício net-zero, para cada arquétipo, estão dispostos nas figuras a seguir.

As únicas tipologias que comportam em sua cobertura o número de painéis correspondente à geração de energia anual necessária para net-zero foram a edificação unifamiliar de média renda e a escola. Percebe-se, assim, a relevância que o número de andares pode ter na construção de edifícios net-zero, como levantado pela literatura.

Além disso, observa-se que o tipo de uso tem interferência direta na facilidade de um edifício ser net-zero, ainda mais relevante que a quantidade de andares: a agência bancária, mesmo sendo de apenas dois pavimentos, também não possui espaço disponível para a geração fotovoltaica anual necessária.

Tais resultados indicam que novas formas de geração de energia devem ser consideradas para possibilitar um estoque nacional significativo de edifícios net-zero. Além disso, ressalta-se a importância do desenvolvimento e adoção de novas tecnologias e de elevação do nível operacional de eficiência energética a ser alcançado nos próximos anos – eles podem funcionar como vetor complementar para se atingir a meta de edifícios net-zero.

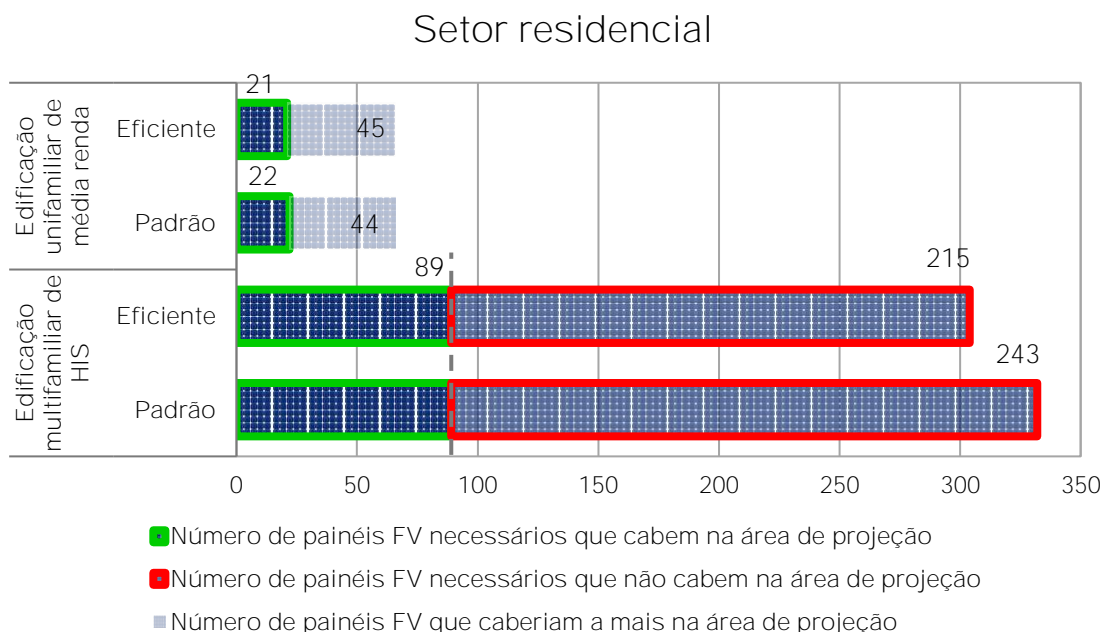


Figura 64 – Número de painéis fotovoltaicos para Net-Zero: arquétipos do setor residencial

Fonte: elaboração própria

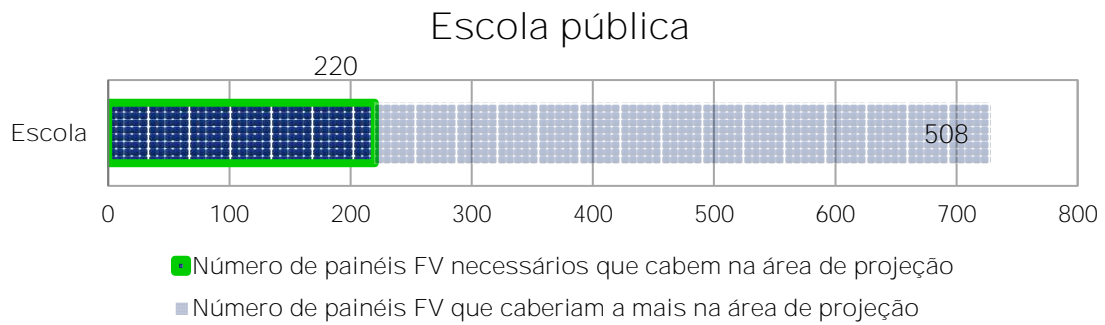


Figura 65 – Número de painéis fotovoltaicos para Net-Zero: arquétipo escola
Fonte: elaboração própria

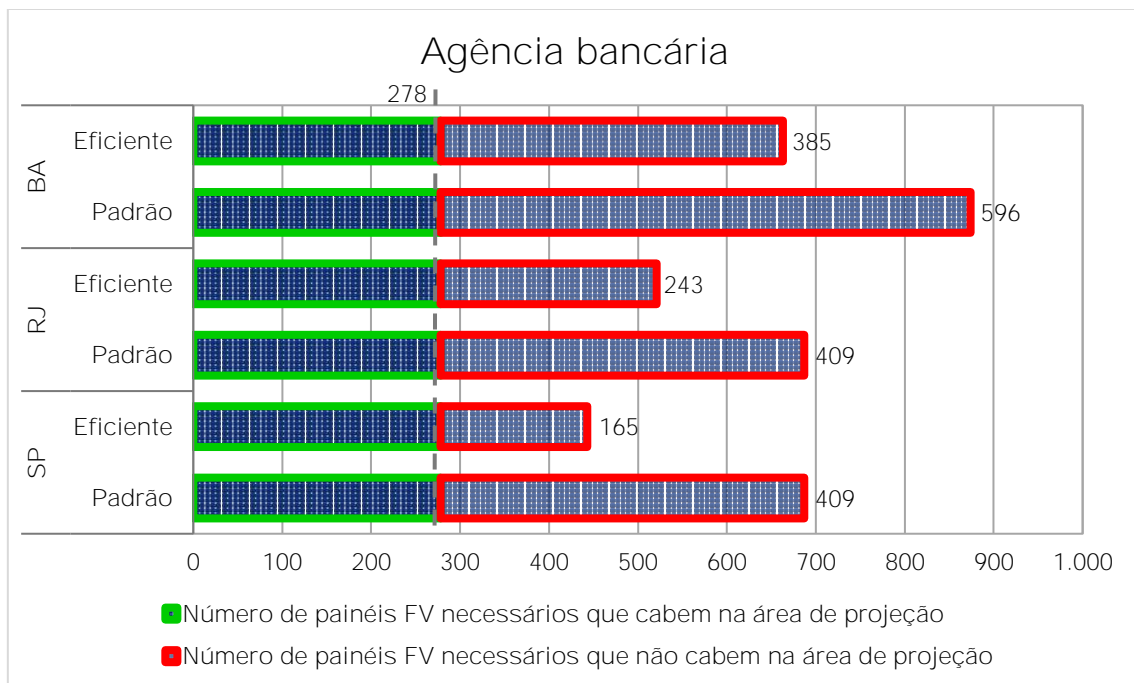


Figura 66 – Número de painéis fotovoltaicos para Net-Zero: arquétipo agência bancária
Fonte: elaboração própria

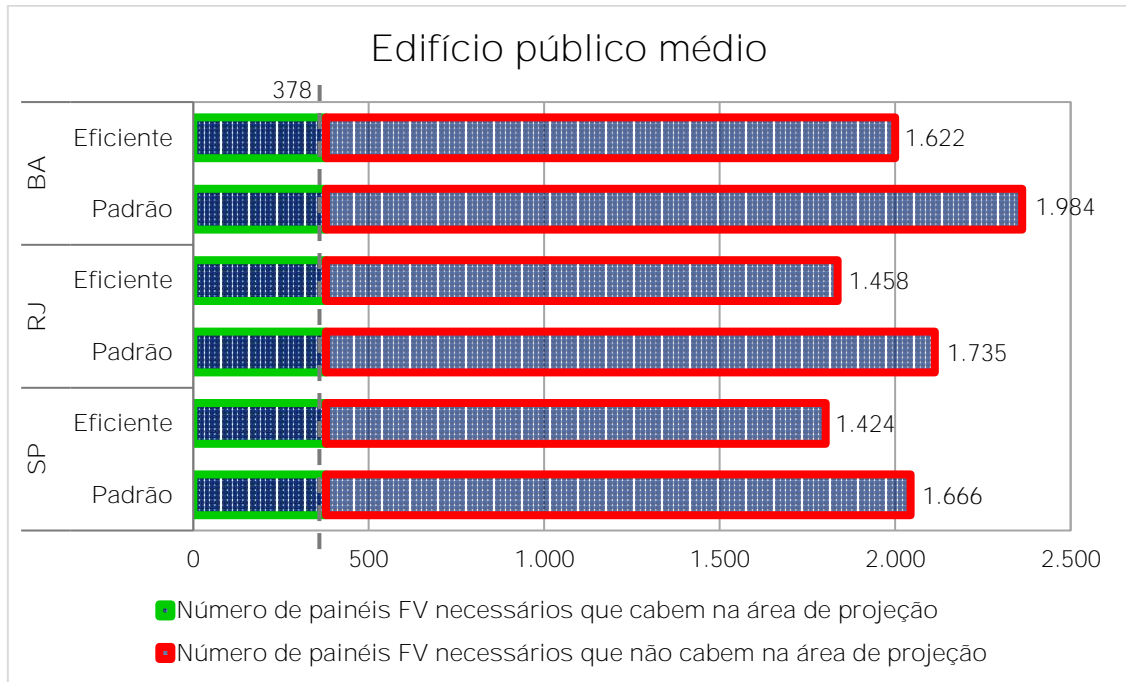


Figura 67 – Número de painéis fotovoltaicos para Net-Zero: arquétipo edifício público médio
Fonte: elaboração própria

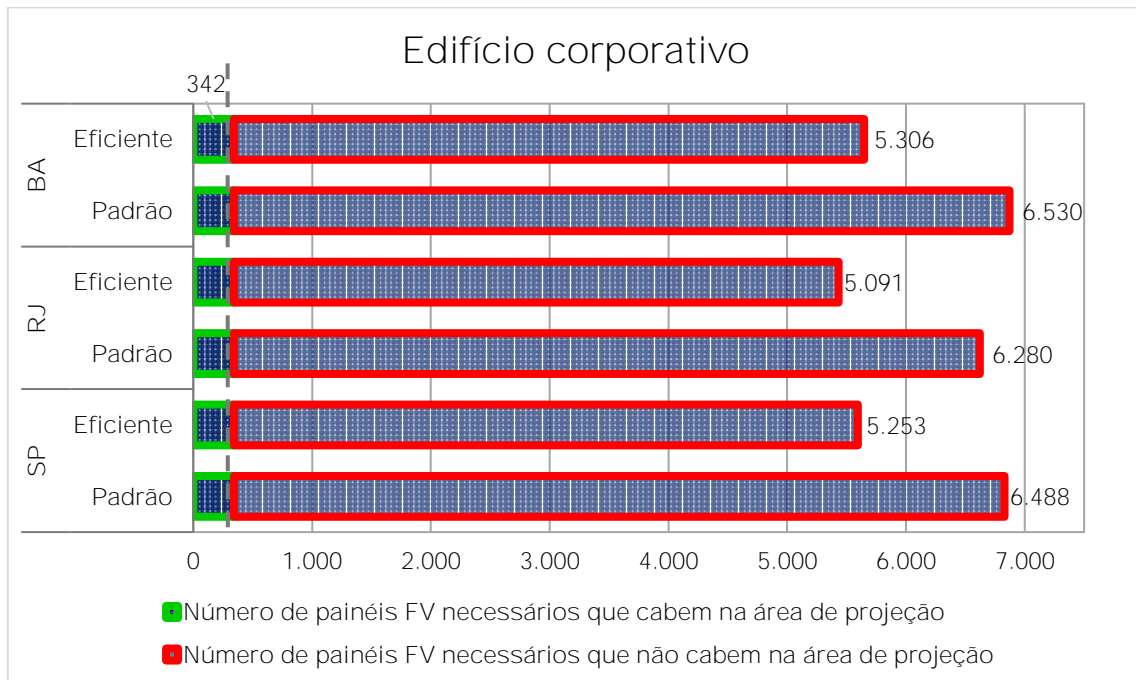


Figura 68 – Número de painéis fotovoltaicos para Net-Zero: arquétipo edifício corporativo
Fonte: elaboração própria

Comparação entre os fatores de emissão do SIN considerados

Como comentado anteriormente, existem duas formas de cálculo do fator de emissão (FE) da geração de energia elétrica no Brasil, que se dá em função da operação das usinas do Sistema Interligado Nacional.

Para as tipologias que contam com um consumo significativo de outros energéticos, como o caso do GLP no setor residencial, existem dois caminhos para calcular o número de painéis fotovoltaicos necessários para zerar as emissões devidas ao consumo de GLP: utilizando-se o fator médio mensal ($FE_{méd.}$) e o fator na margem de operação (OM). A consideração destes fatores leva a resultados significativamente diferentes quando na busca por zerar as emissões de edifícios.

As figuras a seguir mostram a parcela de CO_2 emitida anualmente por cada energético e, na sequência, o número de painéis equivalentes para chegar na condição Net-Zero de CO_2 , para as duas abordagens de Fator de Emissão. É possível identificar que enquanto o balanço da energia elétrica não muda entre uma metodologia e outra, o número de painéis requeridos para neutralizar os outros energéticos quando calculado com o FE médio chega a ser quatro vezes maior ao número calculado com o FE na margem.

No caso da casa individual (edificação unifamiliar de média renda), conta-se com espaço disponível para instalação de mais painéis fotovoltaicos. Por outro lado, no edifício de apartamentos HIS só é possível compensar as emissões por energia elétrica.

Sendo assim, em um cenário de criação de programas e incentivos de implementação e certificação de edifícios Net-Zero, é de grande importância a definição da metodologia de quantificação de carbono adotada.

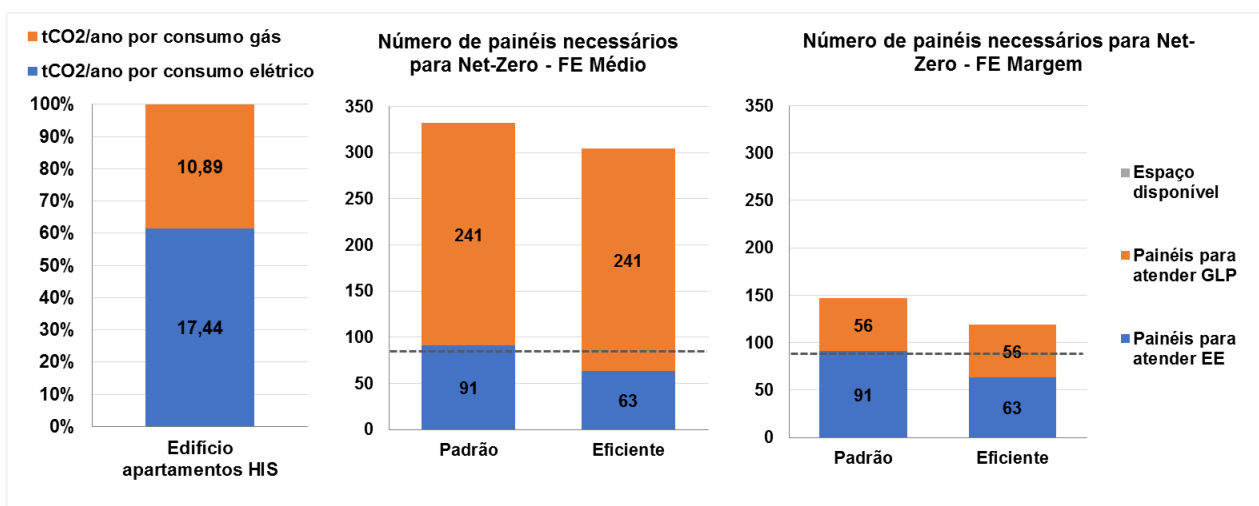


Figura 69 – Comparação entre o uso do fator médio e fator na margem de operação, edificação multifamiliar de HIS
Fonte: elaboração própria

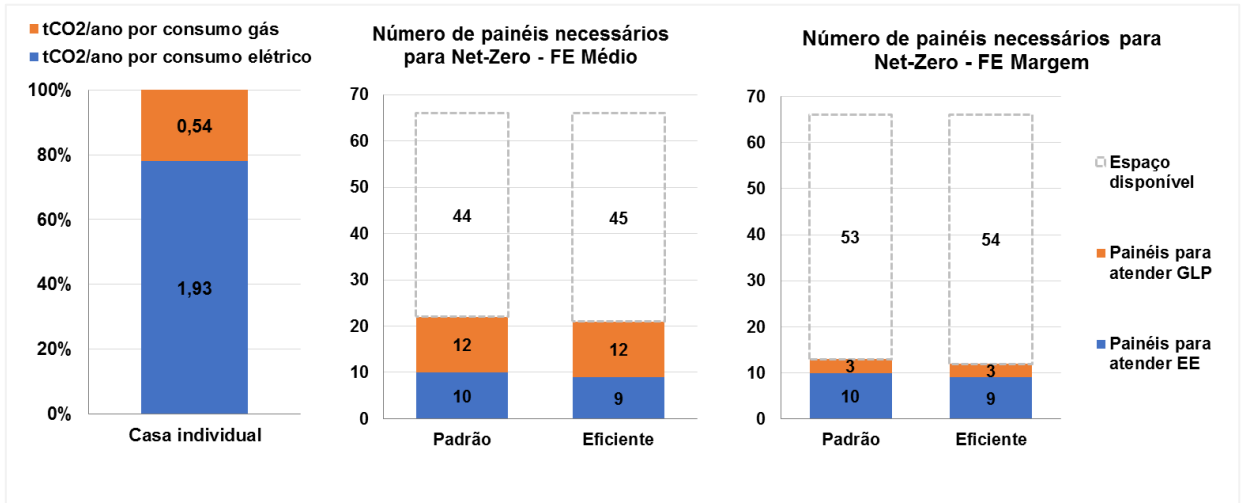


Figura 70 – Comparação entre o uso do fator médio e fator na margem de operação, edificação unifamiliar de média renda

Fonte: elaboração própria

5. Recomendações para atuação

A última parte deste relatório busca propor recomendações de atuação para estimular a redução de emissões de gases de efeito estufa no setor de edificações no Brasil, com base nas observações deste relatório e na experiência dos autores.

Em primeiro lugar, é importante entender o papel de diferentes políticas públicas para incentivar melhoria de desempenho. Um sistema de etiquetagem ou avaliação serve para classificar níveis de eficiência. Dentro destas classificações, leis e obrigações mandatórias podem ser utilizadas para eliminar os piores edifícios, obrigando-os a se tornar mais eficientes, enquanto sistemas voluntários como certificações de excelência são utilizados para incentivar os melhores. Isso é ilustrado na Figura 71.

Dentro deste contexto, as recomendações para atuação neste setor no Brasil são divididas em quatro partes: desenvolvimento de conhecimento, políticas públicas, tecnologias e projetos pilotos.

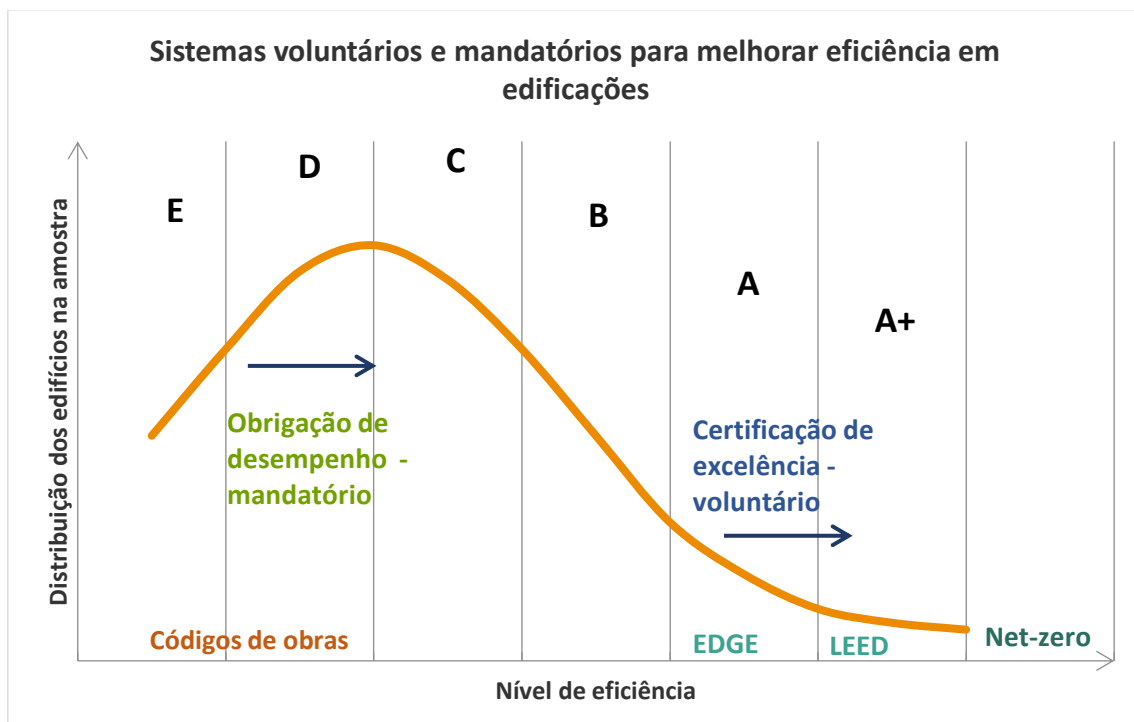


Figura 71 - Níveis de eficiência de edifícios e o uso de sistemas voluntários e mandatórios para melhorar a sua eficiência

Fonte: elaboração própria

5.1 Geração de conhecimento

Desempenho energético operacional

O programa de Desempenho Energético Operacional (DEO) do CBCS deve ser fortalecido e incorporado no programa Procel ao longo de 2017.

Este programa já desenvolveu diversas ferramentas, recursos e treinamentos para aumentar o conhecimento de especialistas na área. Uma expansão do programa deve ser feita visando a aplicação destas ferramentas nos setores públicos e privados para realizar importantes economias de energia na operação de edificações.

Certificações, etiquetagem e selos

O programa PBE Edifica deve ser fortalecido, com implementação da metodologia melhorada (última publicação em junho de 2017⁸), redução de custos de implementação e criação de infraestrutura para sua aplicação em escala no país, de forma voluntária e mandatária.

Outras certificações devem continuar a ser implementadas e garantir desempenho dos edifícios, e a certificação EDGE deve ser adotada em larga escala para os edifícios que não podem buscar as certificações LEED e AQUA devido aos custos adicionais.

Treinamento e capacitação de profissionais e marketing para o mercado e para leigos será fundamental. A criação de demanda por edifícios sustentáveis, sobretudo no setor residencial, é de grande importância.

5.2 Políticas públicas

Planejamento integrado de recursos

O planejamento do sistema elétrico brasileiro sempre tem sido feito apenas do ponto de vista da geração. Com o rápido crescimento da microgeração, aliado aos potenciais de eficiência energética e gestão de demanda (com redes inteligentes), é possível ter um impacto grande no setor atuando nas edificações, depois do medidor. Este potencial deve ser explorado e servirá para aumentar a resiliência da rede elétrica, reduzir custos e incentivar a melhoria de desempenho em edificações.

⁸ Disponível em: <http://cb3e.ufsc.br/etiquetagem/desenvolvimento/atividades-2012-2016/trabalho-1/pesquisas> .

Políticas coerentes e interligadas

Existem muitas iniciativas de eficiência energética e construção sustentável no Brasil, incluindo projetos de pesquisa, sugestões de políticas públicas, desenvolvimento de normas e programas de conscientização. Estes são administrados e desenvolvidos pelo setor privado, pelos ministérios das Cidades, do Meio Ambiente e de Energia, pela EPE, pelo programa Procel, por agências de cooperação internacional (como GIZ e PNUD), pela ANEEL e por organizações da sociedade civil (como o CBCS e GBC Brasil), entre outros.

Uma falta de planejamento estratégico e integração destes projetos gera muita ineficiência, trabalho duplicado e falta de clareza sobre as reais necessidades e impactos de atuação nesta área. É imprescindível que as diferentes esferas de atuação tenham uma melhor coordenação entre elas, para poder avançar a agenda de redução de emissões de gases de efeito estufa do setor do ambiente construído no Brasil.

Transparência

Um dos grandes desafios de trabalhos com energia em edifícios (e impactos ambientais de materiais) é a ausência de princípios básicos de transparência com relação aos consumos e impactos.

Programas internacionais que promovem transparência (como o *Greater Greener Buildings Plan* de Nova Iorque) mostram impactos significativos com baixo custo – apenas a obrigação de medir, avaliar e publicar o desempenho energético de edificações gera uma mudança importante no comportamento, viabiliza retrofits de sistemas e gera economias imediatas.

A transparência devia ser uma base para todos os programas e políticas nesta área, obrigando as concessionárias a facilitar acesso a dados de consumo, publicando contas públicas e reconhecendo a publicação voluntária de desempenho energético.

Atuação junto aos municípios

Enquanto a grande maioria dos programas citados neste documento são desenvolvidos na escala federal, a realidade é que um dos maiores potenciais de atuação está dentro dos governos municipais, que detêm importantes ferramentas para incentivar a construção eficiente, como códigos de obras, isenções de outorgas onerosas ou políticas de subsídio baseadas no IPTU.

Porém, apesar da boa vontade para atuação nesta área, a grande maioria dos municípios não tem o conhecimento técnico ou a capacidade institucional para atuar de forma efetiva no consumo de energia em edificações. Assim, é importante:

- Promover um reconhecimento e entendimento das potenciais formas de atuação em eficiência energética à escala municipal;

- Apoiar municípios na gestão de energia nos seus próprios edifícios, para reduzir gastos e gerar conhecimento;
- Apoiar municípios no desenvolvimento e implementação de políticas públicas voltadas à construção sustentável, eficiência e microgeração; e
- Proporcionar informações, estudos de caso, capacitação e dados técnicos para permitir que os municípios se capacitem.

Níveis mínimos de desempenho

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) atualmente publica níveis mínimos de desempenho para alguns equipamentos elétricos. Este program deve ser expandido para cobrir outros equipamentos eletrônicos, especialmente sistemas de no-break e estabilização de energia. Os requerimentos mínimos do PBE para equipamentos devem ser revisados e atualizados para alinhar com normas internacionais e o potencial de economia do setor.

Além disso, a abrangência e a efetividade de avaliação de eficiência de sistemas de ar-condicionado no PBE devem ser aumentadas, das seguintes formas:

- Aumentar os níveis mínimos de eficiência energética em sistemas de ar-condicionado;
- Passar a utilizar o SEER (*Seasonal Energy Efficiency Ratio*) para avaliação da eficiência dos sistemas de ar condicionado; e
- Implementar normas mínimas e etiquetagem em chillers, considerando condensação a ar e a água.

5.3 Tecnologia e pesquisa

É claro que enquanto muitos ganhos podem ser feitos no setor de edificações eficientes com apenas a aplicação de melhores práticas, para ir além do atual (e para atingir níveis de net-zero em edificações) será necessário realizar desenvolvimento tecnológico adicional. Uma certificação net-zero pode ter o papel de estimular desenvolvimento em todas estas áreas, trazendo benefícios para todo o setor do ambiente construído.

A Tabela 12 mostra uma lista de áreas importantes de desenvolvimento tecnológico no setor de energia em edificações. É importante notar que alguns sistemas (como chillers de grande porte e painéis fotovoltaicos) foram excluídos desta lista, porque seu desenvolvimento não é realizado no Brasil – são sistemas produzidos internacionalmente e extremamente padronizados.

Tabela 12 – Área de desenvolvimento tecnológico em eficiência em edificações (adaptado do CGEE Nota Técnica 2016)

Área tecnológica	Exemplos de áreas de desenvolvimento
Projeto Eficiente Integrado	<ul style="list-style-type: none"> • Metodologias de projeto integrado, incluindo modo misto e iluminação natural • Simulação, BIM e ferramentas computacionais de projeto • Edifícios Zero Energia (ZEBs) • Indicadores de consumo e demanda
Integração do usuário	<ul style="list-style-type: none"> • Qualidade ambiental, conforto térmico e conforto visual • Monitoramento, controles e automação inteligentes • Operação, manutenção e retro comissionamento • Comportamento
Gestão da demanda e redes inteligentes	<ul style="list-style-type: none"> • Integração de recursos distribuídos • Eletrodomésticos conectados e dispositivos "internet of things" • Modelagem e previsão de demanda em microescala • Gestão de dados de consumo
Resfriamento e aquecimento eficientes	<ul style="list-style-type: none"> • Bombas de calor (para aquecimento de água, e aquecimento e resfriamento de ambientes) • Resfriamento evaporativo • Estocagem térmica em estruturas • Resfriamento por absorção, incluindo sistemas solares • Dispositivos de resfriamento e aquecimento pessoal • Integração de sistemas (como rodas entálpicas, <i>free cooling</i>, <i>Dedicated Outdoor Air System</i> (DOAS – sistema dedicado de ar externo), etc.)
Materiais avançados	<ul style="list-style-type: none"> • Superfícies frias • Fachadas ativas e sombreamento • Vidros dinâmicos de alto desempenho • Materiais com propriedades variáveis e <i>Phase Change Materials</i> (PCM – Materiais de mudança de fase)
Ambiente urbano	<ul style="list-style-type: none"> • Microclimas, ilhas de calor e mudanças climáticas • Impactos de edifícios na vizinhança e da vizinhança no edifício • <i>District Heating and Cooling</i>

5.4 Projetos pilotos

Uma forte recomendação deste relatório é o desenvolvimento de pilotos e projetos demonstrativos para mostrar o potencial do setor, estimular desenvolvimento e criar visibilidade para os líderes. O Brasil está numa situação vantajosa entre economias emergentes, devido ao seu setor avançado de construção civil, capacidade de aplicação de tecnologias, matriz energética limpa e sua liderança internacional nos NDCs. Isso pode ser alavancado para criar projetos que mostrarão a posição de liderança do país no setor de edificações eficientes e net-zero energia ou carbono.

Estes projetos devem aproveitar dos últimos avanços na eficiência energética, de redes inteligentes para gestão da demanda e de microgeração conectada à rede energética para desenvolver edifícios, comunidades e cidades net-zero carbono.



Figura 72 - O projeto BEDZED, construído na Inglaterra em 2002 para comprovar a viabilidade de um empreendimento net-zero energia, teve um papel muito importante no desenvolvimento tecnológico da área e no posicionamento do Reino Unido como líder no setor
Fonte: <http://hidden-london.com/gazetteer/bedzed/>

5.5 Edifícios Net-Zero

Este relatório gera o embasamento técnico para a criação de uma definição net-zero energia ou net-zero carbono no Brasil. É claro que, na maioria das tipologias construtivas no Brasil, será necessário realizar uma redução importante no consumo energético para poder chegar perto do nível net-zero. Aplicação de boas práticas atuais de eficiência não será suficiente – novas técnicas e tecnologias precisarão ser desenvolvidas e implementadas.

Um comitê deve ser criado, com representação dos setores privados e públicos, para publicar uma definição oficial de net-zero a ser adotada no Brasil, e em seguida, gerar critérios de validação e garantia, de forma que o desempenho destes edifícios possa ser certificado e adequadamente reconhecido.

No desenvolvimento destas definições, é recomendado que:

- Uma certificação deva ser desenvolvida para net-zero carbono, considerando (inicialmente) apenas a fase de operação de um edifício;
- Versões futuras busquem considerar também a pegada de carbono dos materiais, através de *Environmental Product Declarations* (EPDs – declarações ambientais de produtos) e análise de ciclo de vida simplificada;
- A certificação final só possa ser concebida após um ano de operação, durante o qual o edifício comprove seu desempenho;
- Não seja possível alcançar a certificação apenas com o uso de energias renováveis – um nível mínimo de desempenho de eficiência energética também deve ser alcançado;
- Combustíveis fósseis sejam levados em consideração com uso do fator de energia primária, conforme a metodologia PBE Edifica;
- Uma proporção da energia necessária possa ser gerada fora do local, mas deve ser limitada; e
- Um sistema já existente de medição e avaliação de desempenho energético deva ser adotado, neste caso a nova versão do PBE Edifica poderia ser utilizada para realizar as estimativas de consumo e identificar os níveis de desempenho necessários para atingir net-zero – o processo de garantia de qualidade da etiquetagem PBE Edifica também deve ser aproveitado.

Uma lista completa de recomendações para certificação net-zero foi desenvolvida para orientar a futura tomada de decisão; essa lista encontra-se na Tabela 13. Essas recomendações foram submetidas para consideração pelo comitê NetZero do GBC, responsável pelo desenvolvimento da certificação.

Tabela 13 – Recomendações e áreas de estudo para edifícios net-zero

<p>Terminologia e definições</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Um edifício net-zero é um edifício que comprova que suas emissões de CO₂ devido ao consumo de energia na sua operação serão zeradas por uma combinação de eficiência energética, geração renovável e compra de energias renováveis certificadas. O edifício pode consumir energia da rede elétrica, mas essa energia deve ser compensada por energia injetada na rede durante o mesmo ano. • Um edifício <i>off-grid</i> (sem conexão à rede elétrica) será net-zero se todo seu consumo de energia é proveniente de fontes renováveis. Caso haja consumo de energia não renovável (como o uso de geradores a diesel, por exemplo) de até 20% do consumo total do edifício, será possível certificar net-zero comprovando a compensação das emissões de CO₂ deste sistema com a compra de certificados de energia renovável na rede elétrica. • O comitê formado pelo GBC Brasil deve aprovar a terminologia apropriada para descrever estes edifícios e publicar um breve relatório técnico publicamente acessível.
<p>Eficiência energética</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Para ser considerado zero-net, um edifício deve demonstrar o seu nível de eficiência energética. Para um edifício que não gera 100% da sua necessidade no local, será necessário demonstrar atendimento aos requisitos do PBE Edifica Nível A ou outras normas mais restritivas de eficiência energética.
<p>Geração renovável</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Geração de energia dentro do próprio edifício (na cobertura ou na fachada) ou instalada dentro do terreno do edifício (por exemplo, em cima de estacionamentos) e conectada à rede elétrica em conformidade com a RN 687/2015 da ANEEL, será considerada para calcular a estimativa de geração no local. • Geração adicional de energia fora do edifício, em outros locais que tenham o mesmo proprietário ou CNPJ, (em conformidade com a RN 687/2015 da ANEEL) e que optam por realizar a compensação de energia na conta do edifício a ser certificado, também será considerada para calcular a estimativa de geração no local.
<p>Compra de créditos de energia renovável</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Caso a soma de energia gerada no local e energia gerada fora do próprio edifício não seja suficiente para atingir a condição de edifício net-zero, o consumo energético adicional do edifício pode ser compensado por meio da compra de créditos e certificados validados de energia renovável. • A compra de créditos de energia renovável não pode superar 10% da expectativa da necessidade anual de consumo de energia do edifício.
<p>Energia primária</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Toda contabilização de consumo e exportação de energia deve ser feita utilizando energia primária. Combustíveis fósseis devem ser contemplados no balanço final de energia. • Devem ser adotados os fatores de energia primária publicados pelo CB3E, para uso na nova metodologia do PBE Edifica.

Certificação

- O GBC Brasil deve oferecer um programa de certificação para edifícios zero-net em conformidade com os critérios aqui definidos.
- A documentação exigida para a certificação deve contemplar a etiquetagem PBE Edifica, a certificação de conexão para RN 687/2015, os certificados de compra de energias renováveis e um balanço energético anual suplementar, com base nos valores nestes documentos.
- Para receber a certificação, o edifício deve ter monitoramento completo de consumo e geração de energia e comprometer-se a fornecer estes dados para o GBC Brasil mensalmente para validação dos resultados e publicação.
- Para manter a certificação, o edifício deve comprovar anualmente com seu balanço energético que as condições de certificação foram mantidas.

Referências bibliográficas

- ABRAHAM, J. Global warming continues; 2016 will be the hottest year ever recorded. The Guardian. Outubro de 2016. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/climate-consensus-97-per-cent/2016/oct/21/global-warming-continues-2016-will-be-the-hottest-year-ever-recorded>. Acesso em 24/01/2017.
- AKBARI, H. Energy Saving Potentials and Air Quality Benefits of Urban Heat Island Mitigation. 2005. Disponível em: <http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/860475-UIHWIq/860475.PDF>. Acesso em: 07/02/17
- ARCHDAILY. RB12 / Triptyque. Publicado em 29/04/2016. Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/br/786429/rb12-triptyque#> = . Acesso em 27/12/2016.
- ARCHITECTURE 2030. Roadmap to zero emissions. USA, 2014. Disponível em: http://architecture2030.org/files/roadmap_web.pdf. Acesso em 17/02/2017.
- ARO!BACANA. TRIPTYQUE: Edifício RB12. Publicado em 10/04/2014. Disponível em: <http://www.arqbacana.com.br/internal/projetos/read/13860/triptyque-edif%C3%ADcio-rb12>. Acesso em 27/12/2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (ABSOLAR). Energia Solar Fotovoltaica: Potencial, Oportunidades e Desafios. Audiência Pública da Comissão Mista Permanente sobre Mudanças Climáticas, Brasília, 15/06/2016. Disponível em: <http://www19.senado.gov.br/sdleg-getter/public/getDocument?docverid=241f3248-454c-40cf-8cb6-03f915a15f2e;1.0>.
- BORGSTEIN, E.H. Energia primária em edifícios no Brasil. Revista Sistemas Prediais, Engenharia e Arquitetura, janeiro de 2014.
- BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). NOTA TÉCNICA DEA 12/16: Avaliação da Eficiência Energética e da Geração Distribuída para os próximos 10 anos (2015-2024). Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2012-16%20-%20Ef%20energetica%202015-2024.pdf>.
- BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). NOTA TÉCNICA DEA 13/15: Demanda de Energia 2050. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/DEA%2013-15%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). BIG – Banco de Informações de Geração. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em 24/01/2017.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Novas regras para geração distribuída entram em vigor. Publicado em 29/02/2016. Disponível em:

http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=9086&id_area=90. Acesso em 26/01/2017.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Outorgas e Registros de Geração – Unidades Consumidoras com Geração Distribuída. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/outorgas/geracao/-/asset_publisher/mJhnKli7gcJG/content/registro-de-central-geradora-de-capacidade-reduzida/655808?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Foutorgas%2Fgeracao%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_mJhnKli7gcJG%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2. Acesso em 26/01/2017.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Relatórios de Consumo e Receita de Distribuição. 2017c. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/relatorios-de-consumo-e-receita>. Acesso em 04/01/2017.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Resolução Normativa (RN) 687, de 24 de novembro de 2015

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Balanço Energético Nacional (BEN) 2016: Ano Base 2015. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/default.aspx>.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). NOTA TÉCNICA DEA 01/15: Estimativa da Capacidade Instalada de Geração Distribuída no SIN: Aplicações no Horário de Ponta. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Fatores de Emissão de CO₂ do Sistema Interligado Nacional do Brasil. Disponível em: http://www.mcti.gov.br/index.php/content/view/72764/Fatores_de_Emissao_de_CO_sub_2_sub_do_Sistema_Interligado_Nacional_do_Brasil.html. Acesso em 24/01/2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). Boletim Mensal de Energia – Mês de Referência: outubro de 2016. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético, Núcleo de Estudos Estratégicos de Energia, 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). MME inaugura 1ª Usina Solar distribuída em prédio do Governo Federal. Publicado em 17/11/2016. Disponível em: http://www.mme.gov.br/web/quest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/mme-inaugura-1-usina-solar-distribuida-em-predio-do-governo-federal. Acesso em 26/01/2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf): Premissas e Diretrizes Básicas. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético, 2011.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). Relatório das Atividades do Comitê Gestor dos Indicadores de Eficiência Energética. Comitê Gestor dos Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE), 2014. 133 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Acordo de Paris. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em 24/01/2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Eficiência energética: guia para etiquetagem de edifícios: volume 1. Brasília: MMA, 2015a. 70 p. ISBN 978-85-7738-244-6.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Acordo de Paris. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em 24/01/2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Estratégia de adaptação – cidades. Brasília, maio de 2016. Disponível em: http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/LIVRO_PNA_Plano%20Nacional_V2.pdf. 2016b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Fundamentos para a elaboração da Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC) do Brasil no contexto do Acordo de Paris sob a UNFCCC. Disponível em: http://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/indc/Bases_elaboracao_iNDC.pdf. Acesso em 26/01/2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Adaptação à Mudança Climáticas. Volume II: Estratégias Setoriais e Temáticas. Portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016. Brasília, maio de 2016. Disponível em: http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/LIVRO_PNA_Plano%20Nacional_V2.pdf. 2016a.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MP). Esplanada Sustentável. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/assuntos/planeja/orcamento/esplanada-sustentavel>. Acesso em 26/01/2017.

BRASIL. Presidência da República. Decreto de 27 de dezembro de 1994. Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios – PRODEEM. Dezembro de 1994. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/anterior%20a%202000/1994/dnn2793.htm. Acesso em 23/01/2017.

BRASIL. Presidência da República. Decreto de 27 de dezembro de 1994. Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios – PRODEEM. Dezembro de 1994. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/anterior%20a%202000/1994/dnn2793.htm. Acesso em 23/01/2017.

CAIXA. Caixa inaugura primeira agência com placas fotovoltaicas. Publicado em 04/12/2014. Disponível em: <http://www20.caixa.gov.br/Paginas/Noticias/Noticia/Default.aspx?newsID=1751>. Acesso em 23/02/2017.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (CB3E). Energia primária e emissão de CO₂: Propostas de Aplicação. Dezembro de 2016. Disponível em: <http://cb3e.ufsc.br/etiquetagem/desenvolvimento/atividades-2012-2016/trabalho-1/pesquisas>. Acesso em 26/01/2017.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS). Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas: Subsídios para a promoção da Construção Civil Sustentável. CBCS, PNUMA e MMA: 2014. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/download.asp?fsfCode=21D41D25-00C8-07BF-9EAB-40FD3290798B>.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS). Benchmarking de escritórios corporativos e recomendações para certificação DEO no Brasil – Relatório Final. São Paulo: CBCS, 2016. Disponível em: http://www.cbcs.org.br/website/download_restrict.asp?fsfCode=31D41E36-10C8-17BF-AFAC-41FD3391898C.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS). Benchmarking e Etiqueta energética Em Uso – Agências Bancárias. São Paulo: CBCS, 2013. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/download.asp?fsfCode=64174269-44FB-4AE3-D3EF-743176C4BCBF>.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. Benchmarking e **etiquetagem energética “em uso”** Visão Brasileira. Maio de 2013. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/download.asp?fsfCode=ED90DAE2-CC84-C37B-6B78-0CBAFE6C4658>. Acesso em 17/01/2017.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. Sustentabilidade na indústria de blocos e pavimento de concreto Avaliação de Ciclo de Vida Modular. 2016

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CEBDS). Financiamento à Energia Renovável: Entraves, desafios e oportunidades. Rio de Janeiro: CEBDS, 2016a. Disponível em: http://cebds.org/publicacoes/conselho-de-lideres/#.WGp_DRsrLIU.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CEBDS). Consumo Eficiente de Energia Elétrica: uma agenda para o Brasil. Rio de Janeiro: CEBDS, 2016b. Disponível em: http://cebds.org/publicacoes/conselho-de-lideres/#.WGp_DRsrLIU.

CURSINO, A. Emissões de CO₂ pela geração de eletricidade no Brasil superam a previsão do governo para o ano de 2030. Explore, Mitsidi Projetos, São Paulo, 02/04/2015. Disponível em: <http://mitsidi.com/emissoes-de-co2-pela-geracao-de-eletricidade-no-brasil-superam-em-2014-a-previsao-da-epe-para-o-ano-de-2030/?lang=pt-br>. Acesso em 24/01/2017.

CURSINO, A.H.S. Eficiência Energética e a Contribuição dos Gases Combustíveis: Análise de Caso das Políticas de Avaliação de Edificações. 2011. 175 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

DA COSTA, Bruno Luis de Carvalho. Quantificação das emissões de co2 geradas na produção de materiais utilizados na construção civil no Brasil. UFRJ, Rio de Janeiro, 2012.

D'AGOSTINO, D., P. ZANGHERI, B. CUNIBERTI, D. PACI, P. BERTOLDI. Synthesis Report on the National Plans for NZEBs. Joint Research Centre, EUR 27804 EN. Doi 10.2790/659611

DRUMMOND, C. Entenda como funciona o Luz para Todos. CartaCapital, Infraestrutura. Fevereiro de 2016. Disponível em: <http://www.cartacapital.com.br/especiais/infraestrutura/entenda-como-funciona-o-luz-para-todos>. Acesso em: 23/01/2017.

DRUMMOND, C. Entenda como funciona o Luz para Todos. CartaCapital, Infraestrutura. Fevereiro de 2016. Disponível em: <http://www.cartacapital.com.br/especiais/infraestrutura/entenda-como-funciona-o-luz-para-todos>. Acesso em: 23/01/2017

EXCELLENCE IN DESIGN FOR GREATER EFFICIENCIES. Disponível em: <https://www.edgebuildings.com/>. Acesso em: 23/01/2017.

EXCELLENCE IN DESIGN FOR GREATER EFFICIENCIES. Disponível em: <https://www.edgebuildings.com/>. Acesso em: 23/01/2017.

FOLHA DE SÃO PAULO. Fernando de Noronha vira laboratório de negócios de carbono zero. Publicado em 07/11/2016. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2016/11/1829927-fernando-de-noronha-vira-laboratorio-de-negocios-de-carbono-zero.shtml>. Acesso em: 23/02/2017.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. Edifícios residenciais em construção. – Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios Residenciais em Construção. Abril de 2016. Disponível em: http://vanzolini.org.br/aqua/wp-content/uploads/sites/9/2015/11/RT_AQUA-HQE-Edificios_residenciais-2016-04.pdf. Acesso em 17/01/2017.

GALILEU. Edifício no Rio de Janeiro produz sua própria energia. Publicado em 29/11/2016. Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/Caminhos-para-o-futuro/Energia/noticia/2016/11/edificio-no-rio-de-janeiro-produz-sua-propria-energia.html>. Acesso em 27/12/2016.

GARTLAND, Lisa. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução Sílvia Helena Gonçalves. -- São Paulo: Oficina de Textos, 2010. Disponível em: <http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/Degustacao-Ilhas-de-Calor.pdf>. Acesso em: 07/02/2017.

GONZALO SERRA | Arquitecto. Disponível em: <http://www.gonzaloserra.com/>. Acesso em 27/12/2016.

GOULART, Solange. Sustentabilidade nas Edificações e no Espaço Urbano. Disciplina Desempenho Térmico de Edificações. Laboratório de Eficiência Energética em edificações, UFSC. 2016. Disponível em:

http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV5161_Sustentabilidade_apostila_0_0.pdf. Acesso em: 07/02/17.

GRAY, A. What is the Paris Agreement on climate change? World Economic Forum. Setembro de 2016. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2016/09/what-is-the-paris-agreement-on-climate-change/>. Acesso em 24/01/2017.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. Referencial Casa. Disponível em: <http://www.gbcbrasil.org.br/referencial-casa.php>. Acesso em: 23/01/2017.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. Referencial Casa. Disponível em: <http://www.gbcbrasil.org.br/referencial-casa.php>. Acesso em: 23/01/2017.

GREENPEACE. As lições da Política Nacional de Mudança do Clima. Novembro de 2013. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/image/2013/Novembro/relatorio%20pnc%20final.pdf>.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE (IEMA). Emissões de GEE do setor de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos. Observatório do Clima, Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), setembro de 2016. Disponível em: http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2016/09/FINAL-16-09-23-RelatoriosSEEG-PIUP_.pdf.

INSTITUTO ESCOLHAS. Impactos de Mudanças na Matriz Elétrica Brasileira. KISHINAMI, R. (coord.). São Paulo, março de 2016. Disponível em: <http://escolhas.org/wp-content/uploads/2016/10/Impacto-Matriz-Eletrica-RelatorioFinal-Escolhas.pdf>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouses Gas Inventories. Vol. 2 – Energy. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>. Acesso em 24/01/2017.

INTERNATIONAL LIVING FUTURE INSTITUTE. *Living Building Challenge*. Disponível em: <https://living-future.org/lbc/>. Acesso em 27/12/2016.

INTERNATIONAL LIVING FUTURE INSTITUTE. *Living Building Challenge: Energy Petal - Implementation Guide*. Abril 2016.

KAPSALAKI, M. LEAL, V. (2011) Recent progress on net zero energy buildings, *Advances in Building Energy Research*, 5:1, 129-162, DOI: 10.1080/17512549.2011.582352.

KONZEN, G. Difusão de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede no Brasil: uma simulação via modelo de Bass. 2014. 108 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

LUCON O., D. ÜRGE-VORSATZ, A. ZAIN AHMED, H. AKBARI, P. BERTOLDI, L. F. CABEZA, N. EYRE, A. GADGIL, L. D. D. HARVEY, Y. JIANG, E. LIPHOTO, S. MIRASGEDIS, S. MURAKAMI, J. PARIKH, C. PYKE, AND M. V. VILARIÑO, 2014:

Buildings. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [EDENHOFER, O., R. PICHES-MADRUGA, Y. SOKONA, E. FARAHANI, S. KADNER, K. SEYBOTH, A. ADLER, I. BAUM, S. BRUNNER, P. EICKEMEIER, B. KRIEMANN, J. SAVOLAINEN, S. SCHLÖMER, C. VON STECHOW, T. ZWICKEL AND J.C. MINX (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

MASSA CINZENTA. SindusCon terá prédio mais sustentável do Paraná. Publicado em 19/10/2016. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/sinduscon-predio-sustentavel/>. Acesso em 27/12/2016.

MAYOR OF LONDON. Housing Supplementary Planning Guidance. London Plan 2016. Março de 2016.

MIELKI, A.N. IPTU Verde. Infraestrutura urbana: projetos, custos e construção. Edição 16, dezembro de 2011. Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/artigo260567-2.aspx>. Acesso em: 23/01/2017.

MIELKI, A.N. IPTU Verde. Infraestrutura urbana: projetos, custos e construção. Edição 16, dezembro de 2011. Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/artigo260567-2.aspx>. Acesso em: 23/01/2017.

MITSIDI PROJETOS. Capacitação de profissionais e desenvolvimento de plano estratégico para eficiência energética em edifícios públicos no estado do Rio de Janeiro. 2015b. Estudo não publicado.

MITSIDI PROJETOS. Linha de base e potencial de redução de emissões de gases de efeito estufa no setor de Habitações de Interesse Social no Brasil. 2015a. Estudo não publicado.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Análise das emissões de GEE Brasil (1970-2014) e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o Acordo de Paris. Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), setembro de 2016. Disponível em: <http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2016/09/WIP-16-09-02-RelatoriosSEEG-Sintese.pdf>.

ONDAZUL. Projeto Noronha Carbono Zero. 2013. Disponível em: <http://www.ondazul.org.br/pdf/8a%20Projeto%20Noronha%20Carbono%20Zero.pdf>. Acesso em 23/02/2017.

PACHECO, M.T.G. Ventilação natural e climatização artificial: crítica ao modelo superisolado para residência de energia zero em Belém e Curitiba. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC): Florianópolis, SC, 2014. 320 p.

PACHECO, M.T.G., GHISI, E., LAMBERTS, R. Proposição de estratégias para obtenção de Edifícios de Energia Zero. Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC):

Florianópolis, 2013. Disponível em:

http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/ProposicaoEstrategiasEnergiaZero_28082013.pdf

PLANETA SUSTENTÁVEL. Quanto mais verde, melhor. Publicado em abril de 2012. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/cidade/certificado-leed-brasil-predios-construcao-sustentavel-686602.shtml>. Acesso em 17/02/2017.

PLESS, S., P. TORCELLINI. Net-Zero Energy Buildings: A Classification System Based on Renewable Energy Supply Options. Technical Report NREL/TP-550-44586. June 2010.

PORTAL BRASIL. Creche é modelo de edifício sustentável em Florianópolis (SC). Publicado em 23/03/2015. Disponível em:

<http://www.brasil.gov.br/educacao/2015/03/creche-e-modelo-de-edificio-sustentavel-em-florianopolis-sc>. Acesso em 27/12/2016.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Legislação Municipal. Lei nº 16.402 de 22 de março de 2016. Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16402-de-22-de-marco-de-2016/>. Acesso em 17/01/2017.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento (SMUL). Quota Ambiental. Disponível em:

<http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/cota-ambiental-2/>. Acesso em 17/01/2017.

REVISTA GBC BRASIL. Net Zero: A palavra de ordem é a autossuficiência. VIB Editora, São Paulo, 10ª edição, Ano 3, set-out/2016.

ROMEIRO, D.L. ALMEIDA, E. LOSEKANN, L. A escolha de tecnologias de geração elétrica despacháveis versus intermitentes e o caso brasileiro. *5th Latin American Energy Economics Meeting*, 2015.

SANTOS, L.M.L. Sistema de certificação *Living Building Challenge*: análise comparativa com o sistema LEED. (Trabalho de Diplomação) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Civil. Porto Alegre: 2015. 106 p.

SELO ENERGIA RENOVÁVEL. Disponível em:

<http://seloenergiarenovavel.com.br/index.php/certificacoes/certificado-de-energia-renovavel.html>. Acesso em 23/02/2017.

SICREDI. Sicredi conquista certificação inédita no Brasil por sustentabilidade em Centro Administrativo. Publicado em 26 de setembro de 2016. Disponível em:

https://www.sicredi.com.br/html/conheca-o-sicredi/noticia/certificacao_leed/. Acesso em 17/02/2017.

SINDUSCON CORPORATE. Disponível em: <http://sindusconcorporate.com.br/>. Acesso em 27/12/2016.

SINDUSCON PR. Novo Edifício do Sinduscon-PR é apresentado aos associados da entidade. Publicado em 11/07/2016. Disponível em:

<http://sindusconpr.com.br/novo-edificio-do-sinduscon-pr-e-apresentado-aos-associados-da-3696-p>. Acesso em 27/12/2016.

Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG). Disponível em: <http://seeg.eco.br/>. Acesso em 12/01/2017.

Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG). Nota Metodológica SEEG 4.0 – Setor de Energia. Instituto de Energia e Meio Ambiente (Coord. Técnica), outubro de 2016.

SOUSA, Ramile Gomes Uzeda. Quantificação das emissões de CO₂ dos materiais de construção, aço, areia, brita, cerâmica vermelha e cimento: estudo de caso em Empreendimento Habitacional de interesse social. Cruz das Almas, 2013.

SUSTENTARQUI. Retrofit verde no Edifício RB12. Publicado em 10/07/2014. Disponível em: <http://sustentarqui.com.br/construcao/retrofit-verde-edificio-rb12>. Acesso em 27/12/2016.

TAVARES, Sérgio. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. UFSC, Florianópolis, 2016.

TECNISA. Bernardes, M. Seminário São Paulo Inteligente: Aplicações do conceito de uso racional de energia. Novembro de 2014. Disponível em: <http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/660.pdf>. Acesso em 17/02/2017.

TECNISA. Case: Soluções Urbanísticas. 2013. Disponível em: <https://www.tecnisa.com.br/Cases>. Acesso em 17/02/2017.

TECNISA. Jardim das Perdizes: bairro sustentável. Blog. Publicado em 5 de junho de 2016. Disponível em: <https://www.tecnisa.com.br/blog/institucional/jardim-das-perdizes-bairro-sustentavel/>. Acesso em 17/02/2017.

THE HEAT ISLAND GROUP. Lawrence Berkeley National Laboratory. Disponível em: <https://heatisland.lbl.gov/>. Acesso em: 07/02/17.

THE NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. A Common Definition for Zero Energy Buildings. Prepared for the U.S. Department of Energy, September 2015. Disponível em: <https://energy.gov/eere/buildings/downloads/common-definition-zero-energy-buildings>. Acessado em: 17/02/2017.

TOLMASQUIM, M.T. Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. Mauricio Tolmasquim (coord.). EPE: Rio de Janeiro, 2016.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Washington, 2008. Disponível em: <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>. Acesso em: 07/02/17.

VIEIRA, N.D.B. Avaliação dos impactos energéticos na redução das emissões de CO₂ associadas aos mecanismos de Eficiência Energética no Brasil: uma proposta metodológica e estudo de caso. Tese (Mestrado em Ciências em Engenharia de Energia). Universidade Federal de Itajubá: Itajubá, SP, 2016. 132 p.

WALDRON et al. Embodied energy and operational energy: case studies comparing different urban layouts. Low Carbon Research Institute, Welsh School of Architecture. Cardiff, 2013.

WORLD BANK GROUP. Brazil – (Intended) Nationally Determined Contribution. Climate Policy Team. 2016. Disponível em:
http://spappssecext.worldbank.org/sites/indc/PDF_Library/BR.pdf.

WRI. Alternativas Sustentáveis para HIS. (Não publicado).

ZERO CARBON HUB. Zero Carbon Policy, 2016. Disponível em:
<http://www.zerocarbonhub.org/zero-carbon-policy/zero-carbon-policy>. Acesso em 23/02/2017.

Anexo A – Definições internacionais de Net-Zero

Organização ou País	Definição e terminologia	Requisitos de EE	Geração renovável off-site
<i>Living Building Challenge</i>	Ver requisitos.	Edifícios muito densos e/ou com alto EUI devem: (1) Ter como meta e alcançar o nível de eficiência energética consistente com os projetos de net-zero de sua tipologia e zona climática, baseado na aprovação do Instituto; e (2) Prover um mecanismo para aumentar o nível almejado de EE.	Exceção aplicável para apenas alguns tipos de projeto quando se prova a impossibilidade de geração on-site. Requisitos de geração renovável mínima on-site para edifícios muito densos e/ou com alto EUI: - Edifícios existentes: instalar no mínimo 75% da área de cobertura disponível para geração fotovoltaica; - Novos edifícios: serem projetados para ter 75% de painéis fotovoltaicos no telhado.
<i>Architecture 2030</i>	Ver requisitos.	Para países em desenvolvimento: - Em novos edifícios, projetar para reduzir a intensidade de uso energético (EUI, na sigla em inglês) para 80% da atual em 2020, 90% em 2025 e se tornar carbono-neutro em 2030; - Em edifícios existentes, renovar um mínimo de 1,5 a 2% do estoque nacional de edificações todo ano para atingir um EUI 50% menor que o atual.	Estes objetivos podem ser alcançados através da implementação de estratégias inovadoras de concepção sustentável, gerando energia renovável no local e/ou adquirindo energia renovável (20% no máximo).

Organização ou País	Definição e terminologia	Requisitos de EE	Geração renovável off-site
<p><i>National Renewable Energy Laboratory - NREL</i></p>	<p>Edifício energeticamente eficiente em que, em termos de energia primária, seu consumo energético anual efetivo é menor ou igual a energia renovável gerada on-site e exportada.</p> <p>É proposto um sistema de classificação de acordo com a fonte de energia utilizada:</p> <p>NZEB:A – Edifícios que geram e usam energia por meio de uma combinação de eficiência energética e geração renovável no próprio edifício;</p> <p>NZEB:B – Edifícios que geram e usam energia por meio de uma combinação de eficiência energética e geração renovável on-site, ou seja, no mesmo terreno mas fora do edifício;</p> <p>NZEB:C – Edifícios que contam ao máximo com as estratégias do tipo A e B, e utilizam também fontes renováveis de energia disponíveis de fora para gerar energia no terreno do edifício;</p> <p>NZEB:D – Edifícios que contam ao máximo com as estratégias do tipo A, B e C, e utilizam também fontes renováveis de energia compradas de fontes certificadas.</p>	<p>A eficiência energética é obrigatória em todas as classificações de edifícios.</p>	<p>Variável, de acordo com o tipo de NZEB.</p>
<p>Prefeitura de Londres</p>	<p>Ver requisitos.</p>	<p>Casas de zero carbono devem atingir ao menos 35% de redução nas emissões reguladas de CO₂, de acordo com o código de obras para energia em novas construções.</p>	<p>O restante das emissões pode ser mitigado através de compra de créditos regulados de energia.</p>

Organização ou País	Definição e terminologia	Requisitos de EE	Geração renovável off-site
<p>GBC Austrália (GBCA)</p>	<p>Edifícios Net-Zero são aqueles que abordam seus impactos de operação, seja de consumo ou geração de energia, consumo de água, ou lixo.</p> <p>Edifícios Net-Zero emissões são aqueles que eliminam ou compensam suas emissões de carbono por meio de uma combinação de eficiência energética, geração on-site, geração próxima ou compra de energia certificada, ou compensações de alta qualidade (reguladas pelo Governo Australiano). Emissões de carbono originadas na operação do edifício são limitadas apenas às fontes do Escopo 1 e Escopo 2.</p> <p>A definição de Carbono Neutro se refere aos critérios de Net-Zero Emissões somadas a aquelas do Escopo 3. Carbono Neutro é um termo regulado pelo Governo Australiano. O GBCA é um parceiro no desenvolvimento de definições de Edifícios de Carbono Neutro na Austrália.</p>	<p>Existem critérios de eficiência energética que devem ser satisfeitos antes de um edifício ser considerado Net-Zero Emissões.</p>	<p>Permitida, desde que de fontes reguladas.</p>
<p>GBC Índia (IGBC)</p>	<p>Edifícios Net-Zero Energia são definidos como edifícios altamente eficientes energeticamente que consome anualmente a mesma quantidade de energia renovável que produz on-site. Em outras palavras, um edifício pode ser chamado de Net-Zero Energia quando a diferença entre seu consumo anual de energia e sua geração renovável on-site é igual a zero. O IGBC fará ainda um ajuste mais fino nos próximos meses considerando a visão do WGBC.</p>	<p>-</p>	<p>-</p>

Organização ou País	Definição e terminologia	Requisitos de EE	Geração renovável off-site
GBC Suécia (SGBC)	Sob a diretiva da União Europeia (EPBD), cada estado europeu estabelece sua própria definição de Net-Zero em termos de metas e quais usos de energia são considerados. Na Suécia, diferentes metas estão vigentes para edifícios comerciais e residenciais, bem como para as zonas geográficas norte e sul. Estas metas estão consagradas nas Regulamentações para Edifícios Suecos (BBR, na sigla em inglês) e atualizadas regularmente (última atualização em 2015 na BBR 22). Os usos de energia considerados e alinhados com o escopo da Regulamentação incluem aquecimento, resfriamento, aquecimento de água e eletricidade (iluminação de áreas comuns, ventilação). Iluminação relativa aos usuários, energia de processamento e cargas de tomada não são consideradas.	-	-
GBC Canadá (CaGBC)	Edifícios altamente eficientes energeticamente que produz on-site, ou adquire, energia renovável de carbono-zero em uma quantidade suficiente para compensar as emissões de carbono anuais associadas a operação do edifício.	-	-
Áustria	Conforme EPBD	-	Considera geração off-site, mas não considera geração externa ou compra de créditos.
Alemanha	Conforme EPBD	-	Considera geração off-site, geração externa, mas não compra de créditos.
Dinamarca	Conforme EPBD	-	Considera geração off-site, geração externa, mas não compra de créditos.
Itália	Conforme EPBD	-	Considera geração off-site, geração externa, mas não compra de créditos.
Holanda	Conforme EPBD	-	Considera geração off-site e geração externa.