

# MECANISMOS PARA CONCEPÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS NO BRASIL

## MECHANISMS FOR DESIGNING SUSTAINABLE BUILDING PROJECTS IN BRAZIL

Data de aceite: 04/07/2023 | Data de submissão: 24/06/2023

### **LUZ, Samantha Ohana de Miranda, mestranda**

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil,

E-mail: [samantha.luz@discente.ufg.br](mailto:samantha.luz@discente.ufg.br)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3580-0976>

### **GONÇALVES, Pedro Henrique, doutor**

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, E-mail: [pedrogoncalves@ufg.br](mailto:pedrogoncalves@ufg.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9919-6557>

### **LIMA, Fabíolla Xavier Rocha Ferreira, doutora**

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, E-mail: [fabiollla\\_lima@ufg.br](mailto:fabiollla_lima@ufg.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4889-7286>

#### **RESUMO:**

A construção civil é a atividade humana com maior impacto no meio ambiente, sendo de fundamental importância na consolidação das metas para desenvolvimento sustentável no país. Apesar dos maiores impactos na sustentabilidade do edifício ocorrerem durante o uso e manutenção, é no projeto do edifício que se tem maior potencial de interferir no desempenho ao longo da vida útil. Desta forma, o objetivo deste artigo é entender por meio de quais mecanismos a sustentabilidade pode ser inserida nos processos de concepção de projetos de edificações novas e de intervenção em pré-existências brasileiros. Para tanto, foi adotada a revisão de literatura como metodologia da pesquisa. Como resultado, foi identificado que o projeto sustentável pode recorrer às estratégias bioclimáticas, às simulações computacionais para entendimento da performance dos edifícios em diversos cenários sustentáveis; às premissas das certificações e dos selos; e à sensibilidade do projetista para inserir as questões sociais no processo.

#### **PALAVRAS-CHAVE:**

Projeto sustentável. Estratégias bioclimáticas. Simulação computacional. Selos e Certificações ambientais.

#### **ABSTRACT:**

Civil construction is the human activity with the greatest impact on the environment, and is of fundamental importance in consolidating the goals for sustainable development in the country. Although the greatest impacts on building sustainability occur during use and maintenance, it is no building design that has the greatest potential to interfere with performance over its useful life. In this way, the objective of this article is to understand through which the control of sustainability can be inserted in the design processes of new building projects and intervention in Brazilian pre-existing buildings. Therefore, a literature review was adopted as the research methodology. As a result, it was

identified that sustainable design can follow bioclimatic strategies, computational simulations to understand the performance of buildings in different contemplative scenarios; the assumptions of certifications and seals; and the sensitivity of the designer to include social issues in the process.

**KEYWORDS:**

*Sustainable design. Bioclimatic strategies. Computer simulation. Environmental seals and certifications.*

## 1. INTRODUÇÃO

As discussões em escala global sobre conservação do meio ambiente foram iniciadas em 1972 com a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo, na Suécia, que estabeleceu uma agenda ambiental caracterizada pela gestão do uso do planeta e de seus recursos de maneira saudável e responsável (ONU, 2020). Conseqüentemente, nesta década, segundo Miranda (et al, 2019), foram criados, no Brasil, os órgãos ambientais: Secretaria do Meio Ambiente e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Em 1983 foi instituída a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento que, após quatro anos, concebeu o Relatório de Brundtland, com amplas recomendações, tornando público o conceito, até então inovador, de desenvolvimento sustentável (ONU, 2020).

O desenvolvimento sustentável pode ser definido como “o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender às suas próprias necessidades” através de ações ambientalmente responsáveis, socialmente justas e economicamente viáveis (MOTTA e AGUILLAR, 2009). “Aplicar o conceito de desenvolvimento sustentável é buscar em cada atividade formas de diminuir o impacto ambiental e aumentar a justiça social dentro do orçamento disponível” (MIRANDA et al, 2019). Isso nos mostra uma mudança de paradigma, pois insere junto com as preocupações ambientais, as questões sociais e econômicas e ainda as coloca em um mesmo patamar de importância.

Tal paradigma foi amplamente divulgado com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio-92), no Rio de Janeiro, que estabeleceu a “Agenda 21” como um instrumento para propiciar sociedades sustentáveis em todo o planeta, tendo como parâmetros a proteção ambiental, a justiça social e a eficiência econômica, devendo ser seguida, ao longo do século XXI, pelos países que a adotaram. Pela primeira vez propuseram ações concretas a serem cumpridas (MIRANDA et al, 2019).

Após 10 anos, em 2002, uma nova conferência foi realizada em Joanesburgo, na África do Sul (RIO+10); outra em 2012, no Rio de Janeiro novamente (Rio +20). No ano de 2015, em Nova York, nos Estados Unidos, foi realizada a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável onde propuseram a renovação dos acordos e compromissos através de uma nova agenda de desenvolvimento sustentável, conhecida como Agenda 2030 para desenvolvimento sustentável (ONU, 2020).

Essa agenda, a ser alcançada até o ano de 2030, é um plano de ação composto por 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) e 169 metas, todos integrados e buscando o equilíbrio entre as áreas social, econômica e ambiental. Foram criados com a intenção de promover vida digna a todas as pessoas do globo terrestre;

erradicar a pobreza; proporcionar a igualdade social, racial e de gênero; melhorar a educação; oportunizar políticas de combate às mudanças climáticas e conservação dos recursos naturais; dentre outros. No Brasil, a aplicação desta agenda está em retrocesso, segundo o VI Relatório Luz da Sociedade Civil, emitido em 2022 (GT AGENDA, 2022).

Esse panorama deixa claro que o conceito de sustentabilidade é relativamente jovem e engloba todas as esferas da sociedade, inclusive a construção civil. Ocorre que esta é a atividade do homem com maior impacto no meio ambiente, em função da enorme cadeia produtiva de materiais e componentes da construção e da dependência das suas atividades em um ambiente construído (AGOPYAN e JOHN, 2011), o que confere fundamental importância na consolidação das metas para desenvolvimento sustentável no país. Porém, em contrapartida, consegue contribuir na melhoria da qualidade de vida das pessoas em função de seus efeitos sociais e econômicos (MOTTA E AGUILLAR, 2009).

As edificações têm um ciclo de vida composto por: projeto, construção, uso e manutenção e final de vida útil. Segundo Motta e Aguilar (2009), a fase de uso e manutenção é a que apresenta maior impacto na sustentabilidade do edifício, porém é na etapa de projeto que se tem maior potencial de interferir no desempenho de uso e operação. Isso nos mostra que no projeto, ao adotar estratégias sustentáveis, é possível conseguir diminuir o uso dos recursos naturais e propiciar melhor desempenho para os edifícios.

Isto posto, o objetivo do trabalho é entender por meio de quais mecanismos a sustentabilidade pode ser inserida nos processos de concepção de projetos de edificações novas e de intervenção em pré-existências brasileiros.

Como metodologia foi adotada a revisão de literatura, onde foram levantadas as características dos projetos sustentáveis; que levou ao estudo das principais estratégias bioclimáticas e a aplicabilidade para cada zona bioclimática, em conformidade com a NBR 15220; ao entendimento da importância da simulação computacional e seleção dos principais softwares com continuidade utilizados pelos projetistas no Brasil; e ao levantamento dos selos e certificações vigentes no país, seleção dos principais e identificação dos critérios de cada que podem ser aplicados aos projetos sustentáveis.

Infere-se que o conhecimento dos mecanismos de promoção da sustentabilidade nos projetos de arquitetura auxilia os projetistas na tomada de decisão durante a elaboração do projeto, propiciando não só a redução do consumo de recursos naturais, mas também a economia na operação do edifício e seus sistemas, bem como melhor qualidade e conforto aos usuários no espaço construído.

## 2. O PROJETO DE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS

Os projetos das edificações são capazes de determinar o quanto ela será sustentável, uma vez que as decisões projetuais influenciam diretamente no uso e operação. Oliveira e Romero (2020) entendem que para um projeto ser sustentável, deve ser concebido em sintonia com o meio ambiente e integrar, com mesmo patamar de importância, os aspectos sociais e econômicos envolvidos nas edificações. Desta forma, deve ser eficiente energeticamente, ter um ciclo de vida

adequado, propor espaços saudáveis e confortáveis aos usuários, atender às necessidades sociais e ser viável economicamente.

Agopyan e John (2011) ressaltam sobre a importância das decisões em relação à localização e implantação do edifício; ao partido arquitetônico adotado; a especificação dos materiais, insumos, componentes e sistemas construtivos e aos condicionantes ambientais pois promovem reflexos diretos no consumo energético e nos recursos naturais. Motta e Aguillar (2009) complementam esses quesitos citando as práticas para sustentabilidade propostas pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), onde entendem como primordiais que haja aproveitamento das condições naturais locais; melhor aproveitamento do terreno com utilização otimizada; análise do entorno; não impactar negativamente no entorno; proporcionar qualidade ambiental interna e externamente; redução do consumo de energia e água; escolha de materiais sustentáveis e propor inovações tecnológicas.

Com esse panorama, ressalta-se que os arquitetos precisam se conscientizar do seu papel como produtores de espaços sustentáveis e disseminadores do conceito na sociedade. Para tanto, precisam incluir na sua prática metodologias projetuais de racionalização dos recursos naturais e de viabilidade econômica, bem como a sensibilidade para lidar com os aspectos sociais e culturais necessários para a adequada apropriação do edifício pelos usuários.

Para tanto, o profissional precisa entender a realidade do local de inserção do edifício, para propor estratégias sociais e bioclimáticas adequadas e personalizadas; utilizar de ferramentas computacionais para simulação dos aspectos ambientais; bem como se aproximar aos aportes teóricos da sustentabilidade por meio de normativas, regulamentos, certificações ambientais e sistemas de etiquetagem, mesmo que tenham um enfoque predominante na dimensão ambiental ou em tipologias arquitetônicas distintas (SANTOS E SOUZA, 2008; MATOS E LIBRELOTTO, 2016).

No Brasil, os meios de validação da sustentabilidade mais conhecidos são: NBR 15215 que trata da iluminação natural nos ambientes (ABNT, 2020); NBR 15220, que trata do desempenho térmico de edificações habitacionais, identificando estratégias bioclimáticas específicas para cada zona bioclimática do país (ABNT, 2005); NBR 15575, que trata do desempenho das edificações habitacionais em todas as suas fases de vida (ABNT, 2013); certificação ambiental LEED (Leadership in Energy and Environmental Design); certificação ambiental AQUA (Alta Qualidade Ambiental); sistema de etiquetagem PROCEL Edifica e sistema de etiquetagem Selo Azul Caixa.

Os tópicos a seguir propõem a discussão sobre alguns mecanismos e suas possíveis incidências na prática de projeto de edificações novas e de reabilitação ambiental no Brasil.

### 2.1. Estratégias bioclimáticas

O bioclimatismo é definido como a aplicação de estratégias passivas de projeto que visam o equilíbrio entre clima e ambiente construído que minimizem o gasto energético e promovam o conforto térmico. Para Costa (2021), “nada mais é do que adequar a construção ao seu microclima, tirando proveito dos recursos naturais, através da forma arquitetônica (tipologia e morfologia) com o intuito de atingir a carga térmica desejada dentro do ambiente”.

As estratégias bioclimáticas se mostram essenciais na promoção de edifícios mais sustentáveis, haja vista que por definição buscam meios passivos de aquecimento, climatização e iluminação naturais para conforto no ambiente construído e minimização do gasto energético. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), sua eficácia é comprovada, principalmente, nos exemplares de construção vernacular, sendo a arquitetura bioclimática precursora da arquitetura sustentável.

Corbella e Yannas (2003) entendem que o equilíbrio entre o clima e o ambiente construído é propiciado pelo controle solar, pela dissipação de energia, pela escolha dos materiais dos sistemas, pelo desempenho térmico, pela iluminação natural, pelo conforto acústico e pela correta implantação do edifício no terreno.

De modo geral, existem 6 estratégias bioclimáticas, que poderão ser agrupadas para melhor atendimento das necessidades e aplicadas em conformidade com a estação, o clima e o problema que se pretende resolver, sendo elas: Aquecimento solar passivo, inércia para aquecimento, inércia térmica para resfriamento, resfriamento evaporativo, sombreamento e ventilação natural (PROJETEE, 2023)

Para edificações habitacionais unifamiliares de interesse social, essas estratégias são normatizadas por meio da NBR 15220 (ABNT, 2005), que estabelece características para as vedações externas e para ventilação e sombreamento das aberturas, bem como estratégias bioclimáticas em conformidade com cada uma das 8 zonas bioclimáticas, conforme discriminado a seguir.

**Quadro 1:** Critérios da NBR 15220/2005 para elaboração de projetos em cada zona bioclimática (ZB) brasileira: transmitância (U), atraso térmico ( $\phi$ ) e fator solar (FSo) das paredes e coberturas.

ZB	Paredes				Cobertura			
	Tipo	U(W/m2.K)	$\phi$ (h)	FSo(%)	Tipo	U(W/m2.K)	$\phi$ (h)	FSo(%)
01	leve	$\leq 3,00$	$\leq 4,3$	$\leq 5,0$	leve isolada	$\leq 2,00$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$
02	leve	$\leq 3,00$	$\leq 4,3$	$\leq 5,0$	leve isolada	$\leq 2,00$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$
03	leve refletora	$\leq 3,60$	$\leq 4,3$	$\leq 4,0$	leve isolada	$\leq 2,00$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$
04	pesada	$\leq 2,20$	$\geq 6,5$	$\leq 3,5$	leve isolada	$\leq 2,00$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$
05	leve refletora	$\leq 3,60$	$\leq 4,3$	$\leq 4,0$	leve isolada	$\leq 2,00$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$
06	pesada	$\leq 2,20$	$\geq 6,5$	$\leq 3,5$	leve isolada	$\leq 2,00$	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$
07	pesada	$\leq 2,20$	$\geq 6,5$	$\leq 3,5$	pesada	$\leq 2,00$	$\geq 6,5$	$\leq 6,5$
08	leve refletora	$\leq 3,60$	$\leq 4,3$	$\leq 4,0$	leve refletora	$\leq 2,30$ .FT	$\leq 3,3$	$\leq 6,5$

**Fonte:** produzido pelos autores a partir de ABNT (2005).

**Quadro 2:** Critérios da NBR 15220/2005 para elaboração de projetos em cada zona bioclimática (ZB) brasileira: sombreamento das aberturas, o percentual de aberturas e estratégias de condicionamento passivo em função da estação do ano.

ZB	Aberturas para ventilação		Sombreamento das aberturas	Estratégias de condicionamento térmico passivo	
	Tipo	Percentual		Verão	Inverno
01	médias	$15\% < A < 25\%$	permitir sol durante o período frio	-	Aquecimento solar da edificação e Vedações internas pesadas (inércia térmica)
02	médias	$15\% < A < 25\%$	permitir sol durante o inverno	Ventilação cruzada	Aquecimento solar da

ZB	Aberturas para ventilação		Sombreamento das aberturas	Estratégias de condicionamento térmico passivo	
	Tipo	Percentual		Verão	Inverno
					edificação e Vedações internas pesadas (inércia térmica)
03	médias	15%<A<25%	permitir sol durante o inverno	Ventilação cruzada	Aquecimento solar da edificação e Vedações internas pesadas (inércia térmica)
04	médias	15%<A<25%	sombrear aberturas	Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento; Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)	Aquecimento solar da edificação e Vedações internas pesadas (inércia térmica)
05	médias	15%<A<25%	sombrear aberturas	Ventilação cruzada	Vedações internas pesadas (inércia térmica)
06	médias	15%<A<25%	sombrear aberturas	Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento; Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)	Vedações internas pesadas (inércia térmica)
07	pequenas	10%<A<15%	sombrear aberturas	Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento; Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)	-
08	grandes	A>40%	sombrear aberturas	Ventilação cruzada permanente	-

Fonte: produzido pelos autores a partir de ABNT (2005).

Apesar desta norma não abranger todas as tipologias construtivas, na ausência de regulamentação, se mostra como uma ferramenta viável na projeção de edifícios que se adequam ao local de implantação.

## 2.2. Simulação computacional para projetos sustentáveis

A simulação computacional no projeto de edificações tem por função reproduzir, em meio virtual, suas características em funcionamento reais e manipuladas após as intervenções, de modo que se chegue a um cenário favorável.

Para Wilde (2004), essas ferramentas na elaboração dos projetos atuam como suporte ao desenvolvimento nas fases iniciais de projeto e como otimizadoras e verificadoras das decisões nas etapas mais avançadas da concepção.

Segundo Kolarevic (2005), a incorporação das simulações computacionais na prática projetual tem como função orientar para um design generativo, ou seja, sua função não é apenas avaliar uma proposta já formulada, como mecanismo para obter soluções práticas, mas sim moldar a forma do edifício concomitantemente aos feedbacks sobre o desempenho em diferentes perspectivas, como por exemplo: estrutural, térmica, iluminação, de fabricação. Com isso, o projetista assume um papel de manipulador do potencial morfogênico do edifício que está sendo projetado, onde equilibra os elementos quantificáveis de desempenho com a sensibilidade estética e plástica.

Além da utilização dessas ferramentas durante a elaboração dos projetos de edificações novas, também há fundamental aplicação para intervenções em edificações em operação. A simulação permite identificar as práticas de ocupação dos usuários, características construtivas, bem como equipamentos que geram maior consumo de energia (SOUZA E SILVA, 2021). Da mesma forma, a avaliação do comportamento na operação permite criar sistemas de retroalimentação de dados e buscar melhoria contínua para a edificação que está sendo reformada e para as que ainda serão projetadas (OLIVEIRA e ROMERO, 2020).

O uso da simulação computacional é indicado como um dos métodos, porém o mais preciso, dos Regulamentos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações (RTQ-R e RTQ-C) e pela norma de desempenho das edificações habitacionais NBR 15575 (ABNT, 2013). Além do mais, é usado nas certificações ambientais, como a Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) e a Alta Qualidade Ambiental (AQUA).

O quadro a seguir elenca alguns dos softwares mais conhecidos que realizam simulações termo energéticas e de iluminação, que refletem na sustentabilidade final do edifício projetado.

**Quadro 3:** Exemplos de softwares que avaliam aspectos da sustentabilidade em projetos

Software	Descrição	Referência
Daysim	Ferramenta para análise da iluminação natural que calcula as iluminâncias internas de um ambiente no período de um ano, tendo como dados de entrada os arquivos climáticos, bem como os padrões de consumo de iluminação artificial com base nos padrões de uso.	DIDONÉ, PEREIRA (2010)
Design Builder	Ferramenta utilizada na modelagem para criação, visualização e simulação de modelos térmicos de edifício. Permite análise do consumo de energia em edifícios, incluindo energia e conforto, HVAC, iluminação natural, custo, otimização do projeto, CFD, créditos BREEAM/LEED e relatórios em conformidade com vários regulamentos nacionais de construção e padrões de certificação	DESIGNBUILDER (2023); HARISH e KUMAR, 2016.
DIALux	Ferramenta de análise luminotécnica que simula iluminância e fator de luz diurna, tendo como base o horário e o tipo de céu para cada simulação.	OLIVEIRA, SPIEL, CRIPPA (2021)
DOMUS	Ferramenta para simulação higratérmica e energética de edificações que analisa o consumo e demanda de energia; conforto térmico; risco de crescimento de mofo e de condensação; influência climática, monitoramento de sistemas centrais de condicionamento de ar; avaliação do nível de eficiência, em	PROCEL (2006); DOMUS (2022)

Software	Descrição	Referência
	conformidade com os RTQs.	
EnergyPlus	Ferramenta para simulação de energia de edifícios e modelagem do consumo para aquecimento, resfriamento, ventilação, iluminação e cargas de processos, bem como o uso de água	ENERGYPLUS (2023)
Grasshopper	É uma linguagem de programação visual, executada no programa de desenho auxiliado por computador chamado Rhinoceros 3D, que realiza modelagem algorítmica e paramétrica com base em dados referenciados e simulação de diferentes tipos de análises ambientais, fazendo uso de Plugins como: Ladybug (simulação de dados climáticos), Honeybee (análise de eficiência energética), Dragonfly (simulação de ilhas de calor e energia), Butterfly (avaliação de fluidos - ventos).	FARIA (2017); RHINO 3D (2023) LADYBUG (2023)
Insight	É um plugin desenvolvido para o Revit para realizar simulações de iluminância, fator de luz diurna, autonomia espacial da luz natural e exposição anual à luz solar.	OLIVEIRA, SPIEL, CRIPPA (2021)
Radiance	Ferramenta para simulação do comportamento físico da luz, que informa a distribuição das iluminâncias e luminâncias em edificações sob condições de céu definidas.	DIDONÉ, PEREIRA (2010)

**Fonte:** produzido pelos autores a partir de DESIGNBUILDER (2023); DIDONÉ, PEREIRA (2010); DOMUS (2022); ENERGYPLUS (2023); FARIA (2017); HARISH e KUMAR, 2016; LADYBUG (2023); OLIVEIRA, SPIEL, CRIPPA (2021); PROCEL (2006); RHINO 3D (2023).

Os softwares citados permitem a realização de estudos quantitativos e qualitativos da luz disponível no ambiente, do comportamento da iluminação artificial em função dos padrões de consumo; da dinâmica do consumo energético; dos reflexos das variáveis ambientais no edifício: temperatura do ar, umidade relativa, movimento do ar e iluminação; da radiação incidente; dos padrões de ocupação; dos efeitos da inércia térmica; do sombreamento das fachadas; variações do clima, entre outros. O entendimento pelo projetista dessas variáveis no edifício consegue nortear suas decisões para um projeto sustentável.

### 2.3. Selo PROCEL Edifica

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações - (PROCEL Edifica) faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem em edificações (PBE-Edifica) que desenvolveu o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) e seus documentos complementares, o caderno técnico de Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (RAC) e os Manuais para aplicação do RTQ-C e do RTQ-R.

O RTQ-C se caracteriza como um manual de procedimentos para a obtenção da Etiqueta Nacional de Eficiência Energética (ENCE) da edificação que avalia três sistemas: a envoltória, composta pelas vedações externas dos edifícios; a iluminação, que considera a eficiência das luminárias, lâmpadas e circuitos elétricos; e o condicionamento de ar, com foco em equipamentos eficientes, em edificações novas ou existentes utilizando o método prescritivo e/ou simulação computacional. Os pré-requisitos e elementos avaliados estão sintetizados no Quadro 4. Além desses sistemas, podem ser contabilizadas bonificações, ou seja, pontos extras acrescentados ao indicador numérico que visam incentivar a adoção de soluções que geram economia: sistemas de racionalização do uso de água, fontes renováveis de

energia, aquecimento de água utilizando energia solar, cogeração, entre outros. (ELETROBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO, 2016).

**Quadro 4:** Síntese dos pré-requisitos (itens em verde), dos elementos avaliados (itens em azul) e as bonificações na obtenção da ENCE para edificações comerciais, de serviços e públicas.

Envoltória	Iluminação	Condicionamento de ar	Bonificações
Limites referenciais de absorvância térmica da cobertura	Divisão de circuitos internos no ambiente para permitir desligamento das luminárias próximas às janelas	Isolamento térmico para dutos de ar com espessuras correspondentes ao seu diâmetro nominal	Sistemas e equipamentos que racionalizam o uso da água.
Limites referenciais de transmitância térmica da cobertura	Contribuição da luz natural	Atendimento a COP mínimo para condicionamento por aquecimento artificial	Aproveitamento de água pluvial
Limites referenciais de absorvância térmica das paredes	Desligamento automático do sistema de iluminação	Cargas térmicas calculadas de acordo com a ASHRAE e NBR 16401	Uso de fontes alternativas de água
Limites referenciais de transmitância térmica das paredes	Medição individualizada de energia	Controle da temperatura por zonas de uso.	Uso de fontes renováveis de energia
Limites referenciais de capacidade térmica das paredes	Potência adequada de iluminação com base na área ou no uso	Sistemas de desligamento automático	Uso de sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas
Limites referenciais de fator solar em aberturas zenitais	Uso de lâmpadas e luminárias eficientes	Aparelhos com nível de eficiência A	Elevadores ENCE nível A
Sombreamento das aberturas			Elevadores ENCE nível A
Equilíbrio no ganho de calor pelas aberturas			

**Fonte:** produzido pelos autores a partir de ELETROBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO, 2016.

O RTQ-R se diferencia do RTQ-C em relação aos sistemas avaliados: envoltória, composta pela cobertura e fechamentos verticais externos do edifício; e aquecimento de água, referente aos sistemas elétricos, solares e a gás que aquece a água utilizada no edifício. Neste caso, as bonificações se resumem em estratégias que visam a redução do uso de água e iluminação artificial, bem como pela preferência por aparelhos com selo de eficiência nível A (ELETROBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO, 2016). Os pré-requisitos e as bonificações estão dispostos no Quadro 5 a seguir.

**Quadro 5:** Síntese dos pré-requisitos (itens em verde), dos elementos avaliados (itens em azul) e as bonificações na obtenção da ENCE para edificações residenciais.

Envoltória	Aquecimento de água	Bonificações
Limites referenciais de absorvância térmica da cobertura	Isolamento térmico das tubulações com espessuras correspondentes ao seu diâmetro nominal	Estratégias de ventilação natural
Limites referenciais de transmitância térmica da cobertura	Orientação dos coletores solares voltados para norte geográfico com desvio máximo de 30°	Estratégias de iluminação natural
Limites referenciais de absorvância térmica das	Aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação	Estratégias para uso racional de água

Envoltória	Aquecimento de água	Bonificações
paredes	devem possuir ENCE A ou B	
Limites referenciais de transmitância térmica das paredes	Reservatórios e Coletores solares devem possuir ENCE A ou B	Condicionamento artificial do ar com aparelhos ENCE A
Limites referenciais de capacidade térmica da parede		Uso iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel.
Percentual mínimo de aberturas para ventilação		Uso de $\frac{2}{3}$ dos ventiladores de teto com Selo PROCEL
Ventilação cruzada (ZB2 a ZB8)		Uso de refrigeradores com ENCE A
Iluminação natural (aberturas com 12,5% da área útil dos ambientes)		Medição individualizada do sistema de aquecimento de água

**Fonte:** produzido pelos autores a partir de ELETROBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO, 2016.

Essas etiquetas são de caráter voluntário, tendo obrigatoriedade apenas para edifícios públicos federais, e classifica as edificações em diferentes escalas de eficiência: A, para os mais eficientes, a E, para as menos eficientes, sendo concedida em duas etapas: no projeto e após a construção. Podem ser emitidas: a ENCE Geral, onde são avaliados todos os sistemas juntos e a ENCE Parcial, onde há a emissão de etiqueta separadamente para um dos sistemas do edifício ou para uma parcela dos sistemas ou para unidades habitacionais (UH). O cálculo dos níveis de eficiência parciais e do nível geral de eficiência pode ser alterado tanto por bonificações, que podem elevar a eficiência, quanto por pré-requisitos que, se não cumpridos, podem reduzir esses níveis. Esses pré-requisitos são de caráter obrigatório, referem-se a cada sistema em particular e também ao edifício por completo. (ELETROBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO, 2016)

Tais exigências previstas no selo PROCEL Edifica visam a eficiência energética das edificações, e por consequência, a sustentabilidade, haja vista a indicação de instalações e equipamentos com selos de eficiência, bem como características construtivas para envoltória do edifício que se adapta às condições térmicas do local onde será construída.

#### 2.4. Selo Casa Azul CAIXA

Trata-se de um instrumento que permite a classificação socioambiental de projetos habitacionais, de maneira voluntária, em níveis ouro, prata e bronze, levando em consideração as soluções eficientes aplicadas à construção, uso, operação e manutenção das edificações, com vistas ao uso racional de recursos naturais e melhoria da qualidade da habitação e do entorno (CEF, 2010).

Apresenta 53 critérios de avaliação, divididos em 6 categorias: Qualidade urbana (5 critérios), Projeto e Conforto (11 critérios); Eficiência Energética (8 critérios); Conservação de recursos naturais (10 critérios); Gestão da água (8 critérios) e Práticas Sociais (11 critérios), conforme demonstrado no Quadro 6. Para obter um nível de classificação bronze, devem ser atendidos os 19 itens obrigatórios; para nível prata devem ser adicionados mais 06 critérios de livre escolha, além dos obrigatórios e nível ouro, da mesma forma, porém com acréscimo de 12 critérios (MATOS E LIBRELOTTO, 2016).

**Quadro 6:** Discriminação dos critérios em conformidade com as categorias, com diferenciação em verde para os itens obrigatórios e em azul, os não obrigatórios.

Qualidade urbana	Projeto e conforto	Eficiência energética	Conservação de recursos materiais	Gestão da água	Práticas sociais
Qualidade do Entorno - Infraestrutura	Paisagismo	Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas	Coordenação Modular	Medição Individualizada - Água	Educação para a Gestão de RCD
Qualidade do Entorno - Impactos	Flexibilidade de Projeto	Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns	Qualidade de Materiais e Componentes	Dispositivos Economizados - Sistema de Descarga	Educação Ambiental dos Empregados
Melhorias no Entorno	Relação com a Vizinhança	Sistema de Aquecimento Solar	Componentes Industrializados ou Pré-fabricados	Dispositivos Economizados - Arejadores	Desenvolvimento Pessoal dos Empregados
Recuperação de Áreas Degradadas	Solução Alternativa de Transporte	Sistemas de Aquecimento à Gás	Formas e Escoras Reutilizáveis	Dispositivos Economizados - Registro Regulador de Vazão	Capacitação Profissional dos Empregados
Reabilitação de Imóveis	Local para Coleta Seletiva	Medição Individualizada - Gás	Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	Aproveitamento de Águas Pluviais	Inclusão de trabalhadores locais
	Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos	Elevadores Eficientes	Concreto com Dosagem Otimizada	Retenção de Águas Pluviais	Participação da Comunidade na Elaboração do Projeto
	Desempenho Térmico - Vedações	Eletrodomésticos Eficientes	Cimento de Alto-Forno (CPIII) e Pozolânico (CP IV)	Infiltração de Águas Pluviais	Orientação aos Moradores
	Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos	Fontes Alternativas de Energia	Pavimentação com RCD	Áreas Permeáveis	Educação Ambiental dos Moradores
	Iluminação Natural de Áreas Comuns		Facilidade de Manutenção da Fachada		Capacitação para Gestão do Empreendimento
	Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros		Madeira Plantada ou Certificada		Ações para Mitigação de Riscos Sociais
	Adequação às Condições Físicas do Terreno				Ações para a Geração de Emprego e Renda

Fonte: adaptado pelos autores a partir de CEF (2010).

Além dos critérios, há exigência de atendimento dos seguintes pré-requisitos: regras dos programas da CAIXA de acordo com a linha de financiamento ou de repasse; legalização junto a prefeitura; regras da Ação Madeira Legal; norma de acessibilidade 9050; percentual mínimo de unidades habitacionais acessíveis e demais normativas vigentes aplicáveis (CEF, 2010).

A concessão do selo se dá através da verificação, durante análise de viabilidade técnica do projeto, do atendimento aos critérios estabelecidos, podendo ser suspenso em caso de não aplicação das previsões de projeto na construção (CEF, 2010).

Tal selo propõe estratégias que englobam desde os impactos da implantação do edifício, passando por soluções de projeto que promovem desempenho e conservação dos sistemas, planejamento dos materiais que serão aplicados e descartados na obra, até chegar em soluções que englobam o âmbito social, até então não verificado em outros mecanismos abordados no trabalho, com práticas sociais para a comunidade local e usuária da edificação.

## 2.5. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

É um sistema internacional de certificação verde que avalia o edifício em sua totalidade, compreendendo avaliações desde a sua concepção até a operação, podendo ser aplicado em qualquer etapa do seu ciclo de vida e em qualquer tipologia arquitetônica. Ele objetiva incentivar e acelerar a adoção de práticas sustentáveis, porém tem uma vertente mercadológica (GBC, 2023).

Tem sido amplamente utilizado no Brasil, principalmente no estado de São Paulo, tendo reduções consideráveis na emissão de gás carbônico, no uso de água e energia e na destinação e reaproveitamento dos resíduos da construção nos edifícios em que foi aplicado (GBC, 2023).

Apresenta 04 tipologias, que consideram as especificidades de cada empreendimento: Building Designs + Construction para construções novas e reformas; Interior Design + Construction para certificação de espaços internos de escritórios comerciais, lojas de varejo e hospedagem; Operation & Maintenance para operação e manutenção de empreendimentos existentes e Neighborhood para desenvolvimento de bairros. Cada tipologia apresenta itens específicos nas seguintes áreas: Localização e Transporte; Espaço sustentável; Eficiência do uso de água; Energia e Atmosfera; Materiais e Recursos; Qualidade ambiental interna; Inovação e processos; Créditos de Prioridade Regional (GBC, 2023).

Cada uma das áreas apresenta itens obrigatórios de atendimento, os créditos e itens opcionais, os pré-requisitos, a serem alcançados, totalizando uma pontuação máxima de 110. Os pontos conquistados determinam qual nível de certificação o edifício recebe: LEED Certified com intervalo de 40 - 49 pontos; Silver entre 50 - 59 pontos, Gold de 60 a 79 pontos e Platinum com mais de 80 pontos (GBC, 2023).

**Quadro 7:** Discriminação dos critérios em conformidade com as categorias, com diferenciação em verde para os itens obrigatórios (pré-requisitos) e em azul, os não obrigatórios para edificações novas e grandes reformas (Building Designs + Construction).

<b>Localização e transporte</b>	<b>Terrenos sustentáveis</b>	<b>Eficiência hídrica</b>	<b>Materiais e recursos</b>
Localização do LEED Neighborhood (Bairros)	Prevenção da Poluição na Atividade de Construção	Redução do Uso de Água do Exterior	Armazenamento e Coleta de recicláveis
Proteção de Áreas Sensíveis	Avaliação do Terreno	Redução do Uso de Água do Interior	Plano de Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição
Local de Alta Prioridade	Proteger ou restaurar o habitat	Medição de Água do Edifício	Redução do Impacto do Ciclo de Vida do Edifício
Densidade do Entorno e Usos Diversos	Espaço Aberto	Redução do Uso de Água do Exterior	Declarações Ambientais de Produto
Acesso a Transporte de Qualidade	Gestão de Águas Pluviais	Redução do Uso de Água do Interior	Origem de Matérias-primas
Instalações para Bicicletas	Redução de Ilhas de Calor	Uso de Água de Torre de Resfriamento	Ingredientes do Material
Redução da Área de Projeção do Estacionamento	Redução da Poluição Luminosa	Medição de Água	Gerenciamento da Construção e Resíduos de Demolição
Veículos Verdes			
<b>Energia e Atmosfera</b>	<b>Qualidade do ambiente interno</b>	<b>Inovação</b>	<b>Prioridade Regional</b>
Comissionamento Fundamental e Verificação	Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interior	Inovação	Prioridade Regional: Crédito Específico
Desempenho Mínimo de Energia	Controle Ambiental da Fumaça de Tabaco	Profissional Acreditado LEED	
Medição de Energia do Edifício	Estratégias Avançadas de Qualidade do Ar Interior		
Gerenciamento de Gases Refrigerantes	Materiais de Baixa Emissão		
Comissionamento Avançado	Plano de Gestão da Qualidade do Ar Interior da Construção		
Otimizar Desempenho Energético	Avaliação da Qualidade do Ar Interior		
Medição de Energia Avançada	Conforto Térmico		
Resposta à Demanda	Iluminação Interna		
Produção de Energia Renovável	Luz Natural		
Gerenciamento Avançado de Gases Refrigerantes	Vistas de Qualidade		
Energia Verde e Compensação de Carbono	Desempenho Acústico		

**Fonte:** adaptado pelos autores a partir de GBC (2023).

Na elaboração dos projetos, essa certificação, em suma, influencia nas decisões em relação a qualidade do ambiente interno com vistas ao conforto térmico, desempenho acústico, qualidade interna do ar e iluminação artificial adequada; à gestão das águas pluviais e da água de abastecimento do edifício; ao desempenho térmico e energético; ao uso de energias renováveis; a correta escolha do terreno; implantação sem provocar modificações expressivas na ambiência do entorno; seleção de materiais construtivos com ciclo energético menor, além do uso de inovações tecnológicas de todos os âmbitos.

## 2.6. AQUA (Alta Qualidade Ambiental) - HQE

É uma certificação internacional da construção de alta qualidade ambiental, derivada da Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale) com adaptações em relação à cultura, ao clima, às normas técnicas e regulamentações brasileiras e aplicada pela Fundação Vanzolini desde o seu lançamento em 2008 (VANZOLINI, 2023).

O processo de certificação é realizado tanto no ciclo de construção, quanto no ciclo de operação onde são realizadas auditorias periódicas para averiguação da conformidade com os documentos apresentados na solicitação. Ao final de cada auditoria são emitidos dois certificados: 1 de valor nacional (AQUA) e 1 de valor internacional (HQE) (VANZOLINI, 2023).

Eles avaliam a qualidade ambiental do edifício (QAE) através de 14 categorias, que se desdobram em outras exigências mais específicas para o cálculo da pontuação da edificação. Pode ser classificada no nível Base, Boas Práticas ou Melhores Práticas e cabe ao projetista definir quais categorias atingirão a classificação máxima, intermediária ou mínima, de acordo com sua estratégia de sustentabilidade (VANZOLINI, 2023). O quadro a seguir apresenta as exigências de cada categoria para projeto de edificações não residenciais, a título de exemplificação dos quesitos avaliados. A certificação apresenta algumas variações nos critérios em função das especificidades das tipologias construtivas: edificações não residenciais, residenciais e de saúde.

**Quadro 8:** Discriminação das exigências das categorias da certificação AQUA-HQE para edificações não residenciais.

Meio ambiente			
Edifício e entorno	Produtos, sistemas e processos construtivos	Canteiro de obras	Resíduos
Implantação do edifício no terreno tendo em vista um desenvolvimento urbano sustentável	Escolhas que garantam a durabilidade e a adaptabilidade da construção	Otimização da gestão dos resíduos do canteiro de obras	Otimização da valorização dos resíduos de uso e operação do edifício
Qualidade dos espaços externos acessíveis aos usuários	Escolhas que facilitem a conservação da construção	Redução dos incômodos e da poluição causados pelo canteiro de obras	Qualidade do sistema de gerenciamento dos resíduos de uso e operação do edifício.
Impactos do edifício sobre a vizinhança	Escolhas de produtos visando a limitar os impactos socioambientais da construção	Redução do consumo de recursos no canteiro de obras	

Meio ambiente			
Edifício e entorno	Produtos, sistemas e processos construtivos	Canteiro de obras	Resíduos
	Escolhas de produtos visando a limitar os impactos da construção na saúde humana		
Energia e economia			
Energia	Água	Manutenção	-
Redução do consumo de energia por meio da concepção arquitetônica	Redução do consumo de água potável	Otimizar a concepção dos sistemas do edifício para simplificar a conservação e a manutenção	-
Redução do consumo de energia primária	Gestão das águas pluviais no terreno	Concepção do edifício para acompanhamento e o controle dos consumos	-
Redução das emissões de poluentes na atmosfera	Gestão das águas servidas	Concepção do edifício para acompanhamento e o controle do desempenho dos sistemas e das condições de conforto	-
Conforto			
Conforto higrotérmico	Conforto acústico	Conforto visual	Conforto olfativo
Implementar medidas arquitetônicas para otimizar o conforto higrotérmico	Criação de uma qualidade de meio acústico apropriada aos diferentes ambientes	Otimização da luz natural	Controle das fontes de odores desagradáveis
Criação de condições de conforto higrotérmico por meio de aquecimento		Iluminação artificial confortável	
Criação de condições de conforto higrotérmico em ambientes que não dispõem de um sistema de resfriamento			
Criação de condições de conforto higrotérmico por meio de resfriamento			
Saúde e segurança			
Qualidade dos espaços	Qualidade do ar	Qualidade da água	-
Redução da exposição magnética	Garantia de uma ventilação eficaz	Qualidade da concepção da rede interna	-
Criação de condições de higiene específicas	Controle das fontes de poluição internas	Controle da temperatura na rede interna	-
		Controle dos tratamentos	-
		Qualidade da água nas áreas de banho	-

Fonte: adaptado pelos autores a partir de Vanzolini (2023).



Essa certificação deixa clara a multidisciplinaridade quanto se trata da sustentabilidade. É possível constatar que tais categorias devem ser definidas na fase de projeto, pois com isso as edificações conseguem garantir qualidade e conforto nos espaços nos âmbitos acústico, térmico, visual e olfativo; uso responsável da energia e da água; garantia de manutenção que eleve sua vida útil, além de menor geração de resíduos no meio ambiente.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa atingiu o objetivo proposto e levantou algumas ferramentas disponíveis no contexto brasileiro que podem servir na concepção de projetos sustentáveis. As metodologias propostas em cada certificação ambiental ou selo aliadas às estratégias bioclimáticas e a simulação computacional se manifestam como importante aporte teórico e prático para nortear as decisões de projeto e tornar o tema cada vez mais próximo dos projetistas de edificações, nas diversas disciplinas que englobam.

A presente pesquisa se propôs a apresentar um panorama para instigar os projetistas no aprofundamento dessas ferramentas, para que cada um desenvolva seus parâmetros de sustentabilidade no projeto e impulsioná-los a ter uma visão mais abrangente e completa do conceito.

Recomenda-se a incorporação, independente da busca por certificações ou selos ambientais, e para todas as tipologias arquitetônicas, uma vez que as normativas brasileiras são específicas para habitações residenciais.

Por fim, ressalta-se que a sustentabilidade só será alcançada nas edificações quando os profissionais se conscientizarem da sua importância enquanto promotora de melhoria da qualidade do ambiente construído, com redução do uso de recursos não renováveis e eficientes energeticamente e não a utilizarem distorcidamente apenas no discurso e como instrumento de marketing.

### REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. O desafio da sustentabilidade na construção civil. Volume 5. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda; 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Iluminação Natural – Parte 2 Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural e para distribuição espacial da luz natural. Rio de Janeiro, 2020. 68 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005. 66 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013. 324 p.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Selo Casa Azul: Boas práticas para Habitação Mais Sustentável. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010. Disponível em:

<[https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/Selo\\_Casa\\_Azul\\_CAIXA\\_versao\\_w eb.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/Selo_Casa_Azul_CAIXA_versao_w eb.pdf)>. Acesso em 26 fev. 2023.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental. Revan, Rio de Janeiro. 2003.

COSTA, Caroline Souza; BRANDÃO, Helena Câmara Lacé. O bioclimatismo como uma das habilidades e competências do designer de interiores: O caso da moradia em Campo Grande. In: Anais da Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Tecnológica, Artística e Cultural. Anais...Rio de Janeiro (RJ) UFRJ, 2021. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/jgmictac/316109-O-BIOCLIMATISMO-COMO-UMA-DAS-HABILIDADES-E-COMPETENCIAS-DO-DESIGNER-DE-INTERIORES--O-CASO-DA-MORADIA-EM-CAMPO-GRA>>. Acesso em 23 jun. 2023.

DESIGNBUILDER. 2023. Disponível em: <<https://designbuilder.co.uk/>>. Acesso em 04 fev. 2023.

DIDONÉ, Evelise Leite; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Simulação computacional integrada para a consideração da luz natural na avaliação do desempenho energético de edificações. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 139-154, 2010.

DOMUS. 2022. Disponível em: <<https://domus.pucpr.br/>>. Acesso em 21 fev. 2023.

ELETROBRÁS; PBE EDIFICA; INMETRO. Manual para etiquetagem de edificações públicas. Versão 2, 2016. Disponível em: <<https://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/comercial/manuais.>>. Acesso em 18 fev. 2023.

ENERGYPLUS. 2023. Disponível em: <<https://energyplus.net/>>. Acesso em 04 fev. 2023.

FARIA, Roberta Carolina Assunção. Experiência Grasshopper: metodologia para análise digital, ambiental e termoenergética do ambiente construído. Ensaio teórico. Universidade de Brasília. 2017. Disponível em: <[https://issuu.com/robertacfaria/docs/caderno\\_final\\_digital\\_](https://issuu.com/robertacfaria/docs/caderno_final_digital_)>. Acesso em 04 fev 2023.

GBC. Leadership in Energy and Environmental Design. 2023. Disponível em: <<https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-lead/>>. Acesso em 26 fev.2023.

GTAGENDA - Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030. VI Relatório Luz da sociedade civil Agenda 2030 de desenvolvimento sustentável - Brasil. 2022. Disponível em: <[https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2022/07/pt\\_rl\\_2022\\_final\\_web-1.pdf](https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2022/07/pt_rl_2022_final_web-1.pdf)>. Acesso em 14 fev.2023.

HARISH, V.S.K.V.; KUMAR, Arun. A review on modeling and simulation of building energy systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 56, April 2016, Pages 1272-1292.

KOLAREVIC, B. Computing the Performative. p. 193-202. In: KOLAREVIC, B. Performative Architecture. Beyond Instrumentality. Spon Press, 29 West 35th Street, New York, NY 10001. 2005. 266 p.

LAMBERTS, R. DUTRA, L. PEREIRA, F.O.R. Eficiência Energética na Arquitetura. 3ª Edição. Editora ELETROBRÁS/PROCEL, 2014.



MATOS, Juliana Montenegro; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. Avaliação da sustentabilidade da Casa Alvorada considerando diferentes sistemas construtivos e utilizando como ferramenta o Selo Casa Azul. IV ENSUS - Encontro de Sustentabilidade em Projeto, UFSC, Florianópolis, p. 424-435. 2016.

MIRANDA, Erica de Matos; CAMARA, Leila Cindy; CARVALHO, Raquel Ursini Tavares de; SALADO, Gerusa de Cássia. Avaliação Pós-ocupação (APO) e sustentabilidade no ambiente construído. VII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto, UFSC, Florianópolis, p. 207-218. 2019.

MOTTA, Silvio F. R.; AGUILAR, Maria Teresa P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 4, n. 1, p. 88-123, 2009.

OLIVEIRA, Leonardo Pinto de; ROMERO, Marta Bustos. Estrutura metodológica para avaliação ambiental do projeto arquitetônico: fundamentos teóricos. Volume 1.1º Edição. Brasília. Universidade de Brasília: 2020.

OLIVEIRA, Gabriela Bardelli de; SPIEL, Elaine; CRIPPA, Julianna. Simulação computacional para análise de iluminação natural em projetos de edifícios sustentáveis desenvolvidos em BIM. *Anais Simpósio de Pesquisa e Seminário de Iniciação Científica*. v. 1, n. 6, 2021.

ONU. A ONU e o meio ambiente. 2020. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>>. Acesso em 12 fev. 2023.

PROCEL. Domus Eletrobrás. 2006. Acesso em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BA6340DFB-8A42-41FC-A79D-B43A839B00E9%7D&Team=&params=itemID=%7B74729B3F-5A41-466E-8AA2-0CAE452ADBB3%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso em 04 fev. 2023.

PROJETEEE. Estratégias bioclimáticas. 2023. Disponível em; <<http://www.mme.gov.br/projeteee/estrategias-bioclimaticas/>> Acesso em 27 fev.2023.

SANTOS, I. G.; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de. Revisão de regulamentações em eficiência energética: uma atualização das últimas décadas. *Revista Forum Patrimônio*. UFMG. 2008.

SOUZA, Franklin Puker; SILVA, Arthur Santos. Manual de Introdução à simulação computacional. 1a Edição, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2021. Disponível em: <[https://ppgees.ufms.br/files/2021/04/MANUAL\\_de\\_introducao\\_%C3%A0\\_simulacao\\_catalogado-19.04.2021.pdf](https://ppgees.ufms.br/files/2021/04/MANUAL_de_introducao_%C3%A0_simulacao_catalogado-19.04.2021.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2023.

VANZOLINI. AQUA-HQE™. 2023. Disponível em: <<https://vanzolini.org.br/certificacao/sustentabilidade-certificacao/aqua-hqe/#processo>>. Acesso em 27 fev. 2023.

WILDE, P. D. Computational support for the selection of energy saving building components. 2004. Tese (Doutorado) - Delft University of Technology, Delft, 2004.