

FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS
Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica

FÁBIO PEREIRA DA SILVA
FELIPE MARRIEL PEDRO
LILIANE RIBEIRO DE SOUZA

**A APLICABILIDADE DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL**

BELO HORIZONTE – MG
DEZEMBRO/2021

FÁBIO PEREIRA DA SILVA
FELIPE MARRIEL PEDRO
LILIANE RIBEIRO DE SOUZA

**A APLICABILIDADE DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG) como requisito parcial para obtenção de título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Sustentabilidade

Orientador: Prof. Ms. Marconi Lacerda Pires

Coorientadora: Prof.^a. Ms. Tálita Rodrigues de Oliveira Martins

Orientadora de metodologia: Prof.^a. Ms. Raquel Ferreira de Souza

BELO HORIZONTE – MG
DEZEMBRO/2021



FEAMIG

Instituto Educacional "Cândida de Souza"

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **A APLICABILIDADE DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL**, de autoria dos alunos FÁBIO PEREIRA DA SILVA, FELIPE MARRIEL PEDRO e LILIANE RIBEIRO DE SOUZA, isento de banca examinadora, em função de publicação de artigo científico nos ***Cadernos de Comunicações Universitárias***, do 5º SEAG – Simpósio de Engenharia, Arquitetura e Gestão, ISSN 2675-1879.

Belo Horizonte, 09 de novembro de 2021.

Raquel Ferreira

Profa. Ms. Raquel Ferreira de Souza

Coordenadora do Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica

PPDC/FEAMIG

RESUMO

Com o intuito de diminuir os impactos gerados pelo aumento do consumo e do crescimento da economia pelo mundo, o desenvolvimento sustentável é um tema de extrema importância e que está sendo abordado desde a Cúpula da Terra promovido pela Organização das Nações Unidas em 1992. Dentre as esferas abordadas, tem-se a Construção Civil, que consome uma grande quantidade de recursos naturais e também gera um grande número de resíduos. Por sua vez, o setor pratica a sustentabilidade por meio de construções ecológicas e uso de materiais sustentáveis. Partindo desse princípio, esse trabalho tem o objetivo de abordar o desenvolvimento sustentável no setor, mostrando suas práticas ecológicas e certificações relacionadas ao seu produto a partir de pesquisa bibliográfica e qualitativa. Demonstra-se, portanto, que o uso de materiais ecologicamente corretos, minimiza os impactos negativos no meio ambiente, diminuindo as emissões dos gases de Efeito Estufa, do consumo de energia e água e a geração de resíduos.

Palavras-Chaves: Construção Civil. Meio Ambiente. Sustentabilidade. Construções Sustentáveis.

ABSTRACT

To reduce the impacts generated by the increase in consumption and economic growth around the world, sustainable development is an extremely important topic that has been addressed since the Earth Summit promoted by the United Nations in 1992. Among the areas covered, there is the Civil Construction, which consumes a large number of natural resources and also generates a large number of wastes. In turn, the sector practices sustainability through ecological buildings and the use of sustainable materials. Based on this principle, this work aims to address sustainable development in the sector, showing its ecological practices and certifications related to its product from bibliographic and qualitative research. Therefore, it is demonstrated that the use of ecologically correct materials minimizes negative impacts on the environment, reducing greenhouse gas emissions, energy and water consumption and waste generation.

Keywords: Construction. Environment. Sustainability. Sustainable Buildings.

LISTA DE ABREVIATURAS, UNIDADES E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	Associação Brasileira para reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency
CO ₂	Dióxido de Carbono
COMAM	Conselho Municipal do Meio Ambiente
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EPS	Poliestireno Expandido
FEAMIG	Faculdade de Engenharia de Minas Gerais
GBC	Green Building Council
HQE	Haute Qualité Environnementale
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
kWh	Quilowatts hora
LED	Light Emitting Diode (Diodo Emissor da Luz)
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
NABERS	National Australian Built Environment Rating System
ODS-11	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OIA	Organismo de Inspeção Acreditado
OIA-EEE	Organismo de Inspeção Acreditado Eficiência Energética em Edificações
ONU	Organização das Nações Unidas
PBE Edifica	Programa Brasileiro de Edificações
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
PET	Politereftalato de etileno
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PU	Poliuretano
QAE	Qualidade Ambiental do Edifício
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais
SGE	Sistema de Gestão do Empreendimento
SINAT	Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais
UHs	Unidades Habitacionais
USGBC	Conselho Estadunidense de Construções Verdes
USGBC	U.S. Green Building Council
VOC	Compostos Orgânicos Voláteis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Tripple bottom line</i>	17
Figura 2 - Planta de reciclagem de resíduos de construção e demolição.	27
Figura 3 – Processo de certificação AQUA-HQE.	30
Figura 4 - Ferramentas de certificações do GBC Brasil.	31
Figura 5 - Tipologias do LEED.	32
Figura 6 - Categorias avaliadas para obtenção do LEED.	32
Figura 7 - Categorias avaliadas para obtenção do GBC Casa e GBC Condomínio..	33
Figura 8 - Categorias avaliadas para obtenção do GBC Life.	34
Figura 9 - Créditos analisados para GBC Brasil Zero Energy.	35
Figura 10 – Objetivos do GBC Zero Energy.	35
Figura 11 – Etiqueta de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.....	37
Figura 12 – Etiqueta de Eficiência Energética em Unidade Habitacional Autônoma.	38
Figura 13 – Etiqueta de Eficiência Energética em Edificação Multifamiliar.	39
Figura 14 – Etiqueta de Eficiência Energética em Áreas de Uso Comum.....	40
Figura 15 – Selo Procel Edificações.....	41
Figura 16 - Níveis do Selo Caixa Azul + Caixa.....	43
Figura 17 – Usos da madeira de demolição.	55
Figura 18 – Telhado verde no Instituto Horizonte, Belo Horizonte/MG.	56
Figura 19 – Imagem de satélite do Instituto Horizonte.	56
Figura 20 – Tipos e cores de Ecogranitos.....	57
Figura 21 – Esquema do piso de massa térmica.	58
Figura 22 – Pisos de concresteel.	59
Figura 23 – Estrutura do telhado inteligente de Wen Tong Chong.....	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Blocos da Agenda 21 para a Construção Civil.	20
Quadro 2 - Variáveis consideráveis na avaliação de uma construção sustentável. ..	22
Quadro 3 - Critérios de avaliação Selo Azul + Caixa.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Certificados distribuídos no Brasil.	62
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Considerações iniciais	12
1.2	Problema de pesquisa	12
1.3	Objetivos	13
1.3.1	Objetivo geral	13
1.3.2	Objetivos específicos	13
1.4	Justificativa	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Construção Civil	15
2.1.1	Materiais utilizados na Construção Civil	15
2.2	A sustentabilidade na Construção Civil	16
2.2.1	Histórico do desenvolvimento sustentável	17
2.2.2	Construção Civil e a sustentabilidade	18
2.3	Construções sustentáveis	21
2.4	Materiais de construção sustentáveis	23
2.5	Reaproveitamento de materiais na Construção Civil	25
2.6	Certificações sustentáveis na Construção Civil	28
2.6.1	Haute Qualité Environnementale (HQE) / AQUA-HQE	29
2.6.2	Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)	31
2.6.2.1	LEED	31
2.6.2.2	GBC Casa e Condomínio	33
2.6.2.3	GBC Life	34
2.6.2.4	GBC Zero Energy	34
2.6.3	Procel Edifica	36
2.6.4	Casa Azul	42

3	METODOLOGIA	46
3.1	Tipos de pesquisa	46
3.2	Natureza de pesquisa	46
3.3	Pesquisa quanto aos fins	47
3.4	Pesquisa quanto aos meios	48
3.5	Universo e amostra	49
3.6	Coleta e análise de dados	49
3.7	Limitações da pesquisa	51
4	RESULTADOS E ANÁLISES	52
4.1	Necessidade da sustentabilidade na Construção Civil	52
4.2	Principais materiais de construção sustentáveis	54
4.3	Principais certificações relacionadas a construções sustentáveis no Brasil	61
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
	REFERÊNCIAS	65
	APÊNDICES	73
	Apêndice A – Artigo publicado pelo Caderno de Comunicações Universitárias do 5º Simpósio de Engenharia, Arquitetura e Gestão – SEAG	74

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Atualmente, o setor da Construção Civil é fundamental para o giro da economia em todo o mundo e, além disso, é o principal responsável pelo uso de matérias primas, seja industrial ou natural, e pela geração de resíduos, o que ocasiona impactos ambientais negativos significativos.

Por este motivo, desde o evento Cúpula da Terra, realizado no Rio de Janeiro pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 1992, há uma preocupação com os impactos gerados pelo setor, ocasionando a citação do ramo na Agenda 21. O documento, em termos gerais, tem o intuito de diminuir os impactos gerados pelo aumento do consumo e do crescimento da economia pelo mundo. Na Construção Civil, as definições são focadas no gerenciamento de processos, redução de consumo de recursos naturais e qualidade ambiental dos edifícios.

Diante disto, é imensurável a necessidade da incorporação de modelos e protocolos sustentáveis no que tange a esfera da Construção Civil. Por sua vez, a prática da sustentabilidade no setor é realizada por meio das chamadas construções sustentáveis, pelo uso de materiais de construção sustentáveis e, também, pelo reaproveitamento de materiais na construção civil.

Como uma forma de verificar o desenvolvimento sustentável nas edificações existem o chamados Selos Verdes. Estas certificações são dadas por inúmeros órgãos e instituições pelo mundo e, também, no Brasil.

Logo, a partir do apresentado, este trabalho tem o intuito de abordar o desenvolvimento sustentável na Construção Civil, mostrando suas práticas ecológicas e as certificações relacionadas ao seu produto.

1.2 Problema de pesquisa

Qual a necessidade da sustentabilidade na construção civil, seus parâmetros e suas certificações?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Abordar a necessidade da sustentabilidade na Construção Civil, os parâmetros de escolha dos materiais de construção sustentável e a certificações relacionadas as construções ecológicas.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Abordar a necessidade da sustentabilidade na Construção Civil;
- b) Apresentar os principais materiais de construção sustentáveis;
- c) Apresentar as principais certificações relacionadas a construções sustentáveis no Brasil.

1.4 Justificativa

O desenvolvimento sustentável é um tema que atinge toda a sociedade, inclusive o setor da Engenharia Civil, sendo, portanto, uma temática de extrema relevância.

A construção civil é um dos principais setores responsáveis pelo consumo abundante de materiais e recursos naturais. Com isso, se não houver o controle sobre estes, as matérias-primas necessárias para realizar os serviços do ramo terão um fim mais próximo do que o previsto, o que influencia diretamente na sociedade e no ramo.

A edificação de construções sustentáveis e o uso de materiais ecológicos afetam diretamente no meio ambiente que, por sua vez, também afeta a comunidade como um todo.

Por este trabalho apresentar práticas sustentáveis que ajudam a reduzir os impactos socioambientais relativos ao uso de matérias-primas naturais, auxilia aos

estudantes e profissionais do setor da Construção Civil que queiram trabalhar de forma sustentável em seus novos empreendimentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Construção Civil

A construção civil é um dos principais setores econômicos existentes, estando presente desde o início da humanidade. De acordo com Tigrá (2005), o setor é dividido em dois segmentos principais: edificações e construção pesada.

Conforme o autor supracitado, o primeiro é composto por obras habitacionais, comerciais, industriais, sociais (escolas, hospitais, entre outros) e destinadas a atividades culturais, esportivas e de lazer. O segundo, é relacionada as vias de transporte e obras de saneamento, irrigação e drenagem, geração e transmissão de energia, sistemas de comunicação e infraestruturas em geral.

Já a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) divide o setor da Construção em três dentro de sua seção (F). As divisões são: construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados para construção (IBGE, 2021).

Contudo, para fins de estudos, nesta pesquisa será abordado apenas a divisão de edificações ou construção de edifícios. Vale ressaltar, portanto, que alguns materiais são utilizáveis em todos os campos.

2.1.1 Materiais utilizados na Construção Civil

Existem diversos materiais que são utilizados na construção civil e, com base na bibliografia de RIBEIRO *et al.*, (2006), os mais utilizados são: madeira, aço, asfalto, argamassa e concreto. Para se formar este último, tem-se os aglomerantes e os agregados, como cimento, areia, brita e cal. Dentre outros materiais, tem-se ainda, os blocos e tijolos, gesso, telhas, pisos, tintas e os materiais hidráulicos e elétricos (RIBEIRO *et al.*, 2006).

Com exceção da madeira, os materiais não são naturais e sim fabricados por meio de misturas ou passam por algum processo industrial para se tornar matéria-

prima. Desse modo, esses processos causam impactos ambientais negativos, alguns deles irreversíveis e outros evitáveis.

Como exemplo, o cimento, considerado um dos maiores vilões dos ambientalistas no que se diz a materiais de construção, e também um dos mais utilizados na Construção Civil. Para a produção de uma tonelada do aglomerante, é gerado em torno de 650 quilogramas de Dióxido de Carbono (CO₂), principal agente do aquecimento global (MATOS, 2015).

No mesmo contexto, tem-se a madeira, que é um dos principais insumos da Construção Civil, principalmente por suas inúmeras finalidades (CORDEIRO JÚNIOR *et al.*, 2017). Conforme os autores, se sua utilização for feita de forma acelerada e sem controle, pode causar grande danos ao meio ambiente.

Dessa maneira, cada dia mais se vê a necessidade de se trabalhar com materiais sustentáveis. Nesta mesma ideologia, a construção civil vem se inovando e trazendo a responsabilidade sustentável como conceito básico de sua prática efetiva.

2.2 A sustentabilidade na Construção Civil

Existem várias definições para o termo desenvolvimento sustentável. Entretanto, a mais utilizada é a que surgiu na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela Organização das Nações Unidas (ONU):

Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, garantindo a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro (WWF, 2021, p.1).

Manzini e Vezzoli (2005) define sustentabilidade como ciclos naturais que não devem ser interferidos pelas atividades humanas para não empobrecer o capital natural planetário, que será transmitido às futuras gerações.

Já arquitetura sustentável,

deve fazer a síntese entre projeto, ambiente e tecnologia, dentro de um determinado contexto ambiental, cultural e socioeconômico, apropriando-se de uma visão de médio e longo prazos (GONÇALVES; DUARTE, 2006, p.53).

Por sua vez, Elkington (1994) resume o conceito de sustentabilidade em uma imagem, apresentada na Figura 1.

Figura 1 - *Tripple bottom line*.



Fonte: ELKINGTON (1994)

A definição, denominada como *triple bottom line*, representada na Figura 1, diz que o objetivo do desenvolvimento sustentável é o equilíbrio entre sociedade, economia e meio ambiente. São representadas como metas, ações ambientalmente responsáveis, socialmente justas, economicamente viáveis (ELKINGTON, 1994).

Portanto, dentre outras formas de conceituar o termo, no contexto da Construção Civil, o que melhor se adequa é a produção de bens com o intuito de preservar o meio ambiente de degenerações futuras, abrangendo tanto os setores industriais quanto os sociais.

2.2.1 Histórico do desenvolvimento sustentável

É válido afirmar que a história do desenvolvimento sustentável teve início na Revolução Industrial, transitada século XVIII, a qual houve uma utilização em larga escala de combustíveis fósseis (GIANNETTI *et al.*, 2007). De acordo com os autores (p.76), “a relação humanidade/ambiente mudou radicalmente com a invenção das máquinas que multiplicaram a capacidade do homem de alterar o ambiente”.

Já no Brasil, pontua-se como o primeiro grande acontecimento contra o meio ambiente, a larga escala de utilização do pau-brasil (*Paubrasilia echinata*) quando o país foi colonizado por Portugal no século XV e a árvore quase chegou à extinção (MARQUES *et al.*, 2020).

Logo, Giannetti *et al.* (2007) diz que esses eventos, em conjunto com outros que ocorreram desde então, acarretou uma série de consequências, “descritas como o resultado de um processo de crescimento descontrolado capaz de, eventualmente, destruir a biosfera”. Como exemplo, os autores citaram o efeito estufa, destruição da camada de ozônio, dissipação de substâncias tóxicas no ambiente, acúmulo de substâncias não biodegradáveis no ambiente e de lixo radioativo, além da diminuição das áreas de florestas tropicais e da biodiversidade.

Visualizando essa destruição, a ONU reuniu no ano de 1972, em Estocolmo, Suécia, a Assembleia Geral das Nações Unidas, evento que ficou conhecido como Conferência de Estocolmo (UNITED NATIONS, 2012). De acordo com o órgão, foi a primeira grande reunião para tratar questões relacionadas ao meio ambiente, instaurando a Declaração de Estocolmo.

Entretanto, apenas em 1983 foi disseminado o conceito de desenvolvimento sustentável, apresentado no tópico anterior. No ano, foi instaurada a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, presidida pela até então primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, na qual originou o Relatório Brundtland, intitulado *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum), que definiu o termo.

Por fim, em 1992 no Rio de Janeiro, ocorreu a Cúpula da Terra, também conhecida como Eco-92 e Rio-92, na qual foi estabelecido a Agenda 21, com o intuito de diminuir os impactos gerados pelo aumento do consumo e do crescimento da economia pelo mundo, além de uma nova declaração – Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNITED NATIONS, 1993).

2.2.2 Construção Civil e a sustentabilidade

A construção civil é um dos setores que mais se utilizam materiais dentre todas. A transformação destas matérias-primas em bens e, na maioria das vezes, a

necessidade de transportar os materiais por longas distâncias, exige uma quantidade adicional de recursos, o que ocasiona cargas ambientais significativas.

Oliveira (2015), citando Beltrame (2013) apresenta os impactos das atividades relativas à construção, que são:

- Operação dos edifícios consome mais de 40% de toda energia produzida no mundo;
- Consome 50% da energia elétrica e 20% do total de energia produzida no Brasil;
- Gera 35% a 40% de todo o resíduo produzido na atividade humana;
- Produz anualmente aproximadamente 400 quilogramas (kg) de entulho por habitante;
- Maior parte dos insumos utilizados pela construção civil é produzida com um alto consumo de energia e grande liberação de gás carbônico (CO₂);
- Consumo de 66% de toda a madeira extraída;
- 34% do consumo mundial de água.

Com isso, o setor da Construção Civil também é abordado na Agenda 21, estabelecida na Eco-92. Condeixa (2003) cita os principais pontos relacionados ao setor no documento, demonstrados no Quadro 1.

Quadro 1 - Blocos da Agenda 21 para a Construção Civil.

Bloco	Aspectos
Gerenciamento e organizações de processos	<p>Definição de padrões de melhoria da qualidade ambiental das construções:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Projeto: de forma multidisciplinar e integrada; • Processo: <ul style="list-style-type: none"> ○ Melhorando a gestão; ○ Aumentando a segurança no ambiente de trabalho; ○ Integrando disciplinas; ○ Incluindo novas tecnologias; ○ Qualificando a mão de obra; ○ Reciclando e reutilizando Resíduos de Construção Civil – RCC; ○ normalização e conscientização pública. • Produto.
Qualidade ambiental de edifícios	<ul style="list-style-type: none"> • Processos e produtos de construção segundo aspectos de qualidade do ar interior; • Avaliação ambiental dos edifícios, e de produtos para a construção com base em seu ciclo de vida; • Seleção de materiais ambientalmente saudáveis; • Poluição em canteiros e indústrias.
Redução de consumo de recursos naturais	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de desperdício e gestão de resíduos; • Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição – RCD e o aumento do uso de reciclados como materiais de construção; • Uso racional de água; • Uso racional de energia e aumento da eficiência energética do setor; • Aumento da durabilidade e planejamento da manutenção; • Melhoria da qualidade da construção.

Fonte: CONDEIXA (2013), adaptado.

Como descritas no Quadro 1, as definições da Agenda 21 para o setor da Construção Civil são focadas no gerenciamento de processos, redução de consumo de recursos naturais e qualidade ambiental dos edifícios. Dentro desses tópicos, pode-se enfatizar a reciclagem e reutilização dos RCC e RCD, o uso racional de energia e aumento da eficiência energética nas edificações, além do uso racional da água.

Dentre as diversas formas de ser sustentável no setor da Construção Civil, tem-se a construção de edifícios sustentáveis, a utilização de materiais sustentáveis e o reaproveitamento de materiais, práticas que serão apresentadas nos tópicos seguintes.

2.3 Construções sustentáveis

Segundo Yudelson (2013, p.19), “edificação sustentável é aquela que considera seu impacto sobre a saúde ambiental e humana e, então, o diminui”. De acordo com o autor, estas construções consomem uma quantidade menor de energia e água em relação a uma edificação convencional, tem menos impacto sobre o terreno em que se encontra e, geralmente, maior qualidade do ar em seu interior. Yudelson (2013) ainda completa dizendo que os materiais de construção utilizados, os móveis e acessórios presentes nas edificações têm influência para ela se tornar uma construção sustentável.

Mota *et al.* (2021, p.226), completando a definição, diz que

A minimização do consumo de recursos naturais neste tipo de construção possibilita sua preservação. A água, por exemplo, precisa ser economizada, sendo necessário adotar estratégias que propiciem a sua reutilização, pois a sua falta afetaria diretamente a vida no planeta. A conservação da vida vegetal está incluída na proteção ambiental, pois as plantas são responsáveis pelo equilíbrio da temperatura, ajudando a reduzir as concentrações de gás carbônico e contribuindo para a proteção do ambiente natural. Quanto menor a quantidade de madeira utilizada em uma construção, maior será essa proteção. Também é importante criar um ambiente agradável, priorizando o frescor natural. Janelas grandes, por exemplo, possibilitam maior entrada de ar, e isso deve ser levado em conta no processo de construção (MOTA *et al.*, 2021, p.226).

Mateus e Bragança (2004) apresenta um quadro com as variáveis que podem ser consideradas na avaliação da sustentabilidade da construção, como mostra Quadro 2.

Quadro 2 - Variáveis consideráveis na avaliação de uma construção sustentável.

Indicadores		
Ambiental	Funcional	Econômico
Potencial de aquecimento global	Isolamento sonoro a sons de condução aérea	Valor econômico
Energia primária incorporada	Isolamento sonoro a sons de percussão	Custo de manutenção
Conteúdo reciclado	Isolamento térmico	Custo de reabilitação
Potencial de reciclagem	Durabilidade	Custo desmantelamento/demolição
Reservas remanescentes de matéria prima	Comportamento ao fogo	Valor residual
quantidade de matéria/recursos naturais utilizados	Flexibilidade de utilização	Custo de tratamento para devolução ao ambiente natural

Fonte: MATEUS; BRAGANÇA (2004), adaptado.

Por sua vez, corroborando as definições apresentadas e com o Quadro 2, Kibert (1994) diz que uma construção sustentável deve apresentar alguns princípios como:

- Minimização do consumo de recursos;
- Maximização da reutilização dos recursos;
- Utilização de recursos renováveis e recicláveis;
- Proteção do ambiente natural;
- Criação de um ambiente saudável e não tóxico;
- Fomentação da qualidade ao criar o ambiente construído.

Araújo (2016) afirma que existem dois modelos de construções sustentáveis: construções coordenadas por profissionais da área, que utilizam de ecoprodutos e tecnologias sustentáveis modernas, fabricados em escala, dentro das normas e

padrões vigentes para o mercado, bem como sistemas de autoconstrução, feitos pelo próprio usuário ou interessado. Araújo (2016) ainda apresenta 5 tipos de construções sustentáveis, que são:

- Construção com materiais sustentáveis industriais: edificadas com ecoprodutos fabricados industrialmente, com tecnologia em escala, atendendo às normas e legislações;
- Construção com resíduos não reprocessados: edificadas com resíduos de origem urbana confins construtivos, tais como, garrafas PET, latas, cones de papel, entre outros;
- Construção com materiais de reuso: edificação que incorpora produtos convencionais descartados que seriam destinados a aterros sanitários ou outros tipos de descarte;
- Construção alternativa: edificação que utiliza materiais convencionais disponíveis no mercado, porém com funções diferentes das originais;
- Construção natural: sistema construtivo que integra a edificação com o ambiente natural a modificando o mínimo possível. Respeita o entorno e utiliza materiais disponíveis no local da obra ou adjacências, tais como, terra, madeira, pedra, entre outros.

2.4 Materiais de construção sustentáveis

De acordo com Torgal e Jalali (2010), existem algumas questões que devem ser consideradas no contexto da sustentabilidade dos materiais de construção. Dentre esses parâmetros, de acordo com os autores, deve-se priorizar os materiais:

- Não tóxicos;
- Com baixa energia incorporada;
- Recicláveis;
- Que permitam o reaproveitamento de resíduos de outras indústrias;
- Provenientes de fontes renováveis;
- Que estejam associados à baixas emissões de gases de efeito estufa;
- Duráveis;
- De ciclo de vida longo.

Torgal e Jalali, em sua bibliografia de 2007, apresentam que existe uma metodologia designada para avaliar a sustentabilidade de material de construção. Os critérios, definidos pelo programa Building for Environmental and Economic Sustainability (BEES) produzido pela U.S. Environmental Protection Agency (Agência Estadunidense de Proteção ao Meio Ambiente), são:

- Potencial de aquecimento global;
- Potencial de acidificação;
- Potencial de eutrofização;
- Consumo de combustíveis fósseis;
- Qualidade do ar;
- Alteração de habitat;
- Consumo de água;
- Poluição do ar;
- Saúde pública;
- Potencial de formação de smog¹;
- Potencial de degradação da camada de ozônio;
- Toxicidade ecológica.

Oliveira (2015) ainda adiciona que existem três critérios para a escolha dos materiais sustentáveis, que são: sociais, econômicos e ambientais. O primeiro é relacionado aos envolvidos na extração de recursos, produção, comercialização e fim do ciclo de vida dos materiais, como operários, funcionários e empresas; já o segundo é relacionada ao valor financeiro dos materiais, da construção, da operação, da manutenção e possível demolição; por fim, o terceiro relacionado ao meio ambiente, se dividindo em outros nove parâmetros: utilização de recursos naturais, grau poluente e toxidade, energia incorporada, emissão de CO₂, análise do ciclo de vida, conteúdo reciclado, reutilização e reciclagem e durabilidade.

Existem materiais com princípios sustentáveis que vão desde os primários – os utilizados para a construção – até os de decoração. Relacionado a primeira classe, pode-se citar:

- Concreto reciclado;
- Tijolos ecológicos;

¹ Smog, de acordo com o Dicionário de Cambridge, significa: “mistura de fumaça, gases e produtos químicos, especialmente nos centros urbanos, que torna a atmosfera irrespirável e prejudicial à saúde”.

- Blocos de adobe;
- Isolantes de jeans, jornal, papelão, lã mineral e lã de garrafas de Politereftalato de etileno (PET);
- Madeira de demolição;
- Bambu.

Já relativo aos de revestimentos, cita-se:

- Argila e fibras;
- Tintas ecológicas;
- Pinturas com cal;
- Ecogranito e Terrazzo;
- Revestimento de poliuretano (PU) reciclado;
- Lâmpadas de Light Emitting Diode (LED);
- Bambu;
- Ecotelhado e telhado verde.

Dentre os outros componentes sustentáveis relativos a Construção Civil, tem-se:

- Bioplásticos;
- Vernizes e solventes ecológicos;
- Painéis fotovoltaicos;
- Vidro com proteção solar;
- Manta reciclada.

2.5 Reaproveitamento de materiais na Construção Civil

Durante a Rio-92, foi instituído a Política dos 3R: um conjunto de medidas que visa à preservação ambiental devido ao desperdício de recursos existente (UNITED NATIONS, 1993). Os 3R se trata de Reutilizar, Reciclar e Reduzir os resíduos dispostos.

De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020 divulgado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2019, ano de referência do documento, foram coletados 33 milhões de toneladas de Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Dentro desta

quantidade, estão os materiais classificados como Resíduos da Construção Civil (RCC) conforme Artigo 3º da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 307 de 2002:

- Classe A: resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, entre outros), argamassa e concreto;
 - de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio fios, entre outros) produzidas nos canteiros de obras.
- Classe B: resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso;
- Classe C: resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
- Classe D: resíduos perigosos provenientes do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

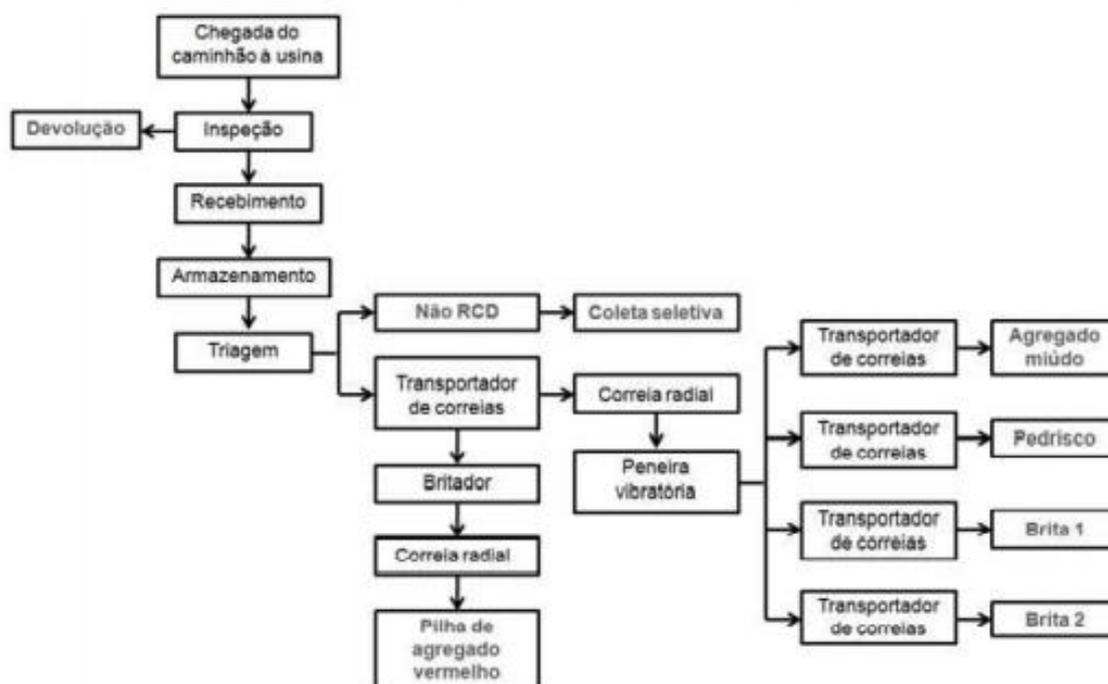
Então, partindo do princípio dos 3R e analisando o dado da Abrelpe, é notável a necessidade de se reaproveitar os resíduos provenientes da Construção Civil, consideradas a forma mais adequada de se destinar os RCD. Com isso, reduz a demanda de recursos naturais e evita os impactos ambientais acarretados pelo descarte incorreto dos materiais.

De acordo com Grasbasck (2016), citando Edwards (2005), existem diversas maneiras de reduzir a geração de resíduos e o volume de resíduo a ser descartado como a redução na fonte e a sua utilização como fontes de energia ou matéria-prima.

Ao utilizar como matéria-prima, é necessário um processo de beneficiamento caracterizando a reciclagem, que corresponde à valorização destes materiais, evitando a sua disposição em aterros sanitários ou industriais (GRASBASCK, 2016, p.47).

Este processo de beneficiamento do resíduo descartado tem a finalidade de torná-lo um material que possa ser introduzido novamente em um processo de fabricação (GRASBASCK, 2016). Com isso, as chamadas usinas de reciclagem são os principais agentes neste processo, “pois são responsáveis pela separação e identificação do material apto a passar pelo processo de beneficiamento, para tornar o que anteriormente era um resíduo em uma matéria-prima” (GRASBASCK, 2016, p.50). A autora ainda apresenta um fluxograma com a planta de uma usina, mostrada na Figura 2.

Figura 2 - Planta de reciclagem de resíduos de construção e demolição.



Fonte: GRASBASCK (2016)

Na Figura 2 é possível observar o processo de beneficiamento pelo qual o resíduo é submetido com o intuito de torná-lo um material apto a ser reutilizado. Grاسبasck (2016) enfatiza que, apesar de não ser especificado no fluxograma, o material passa pelos processos de britagem e peneiramento secundário, devido à variada granulometria gerada ao final do processo, produzindo assim um material de qualidade superior.

2.6 Certificações sustentáveis na Construção Civil

Existem diversas certificações na Construção Civil no mundo relacionadas às construções sustentáveis. Para receber os tais Selos Verdes, as edificações seguem uma série de requisitos que buscam a sustentabilidade da construção, podendo ser empreendimentos novos ou já existentes, desde que sejam feitas modificações que atendam aos parâmetros de cada uma das certificações. Entre outros Selos Verdes, pode-se citar (em conjunto com seu local de origem e ano de criação):

- Building Research Establishment Environmental Assessment Method – Método de Avaliação Ambiental de Edificações (BREEAM), Reino Unido, 1990 – o primeiro certificado de construções verdes no mundo;
- Energy Star, Estados Unidos, 1992;
- National Australian Built Environment Rating System – Sistema Australiano de Avaliação Ambiental em Construções (NABERS), Austrália, 1999;
- Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency – Sistema de Avaliação para Eficiência do Ambiente Construído (CASBEE), Japão, 2001;
- Green Star – Estrela Verde, Austrália, 2003;
- Green Globes – Globo Verde, Canadá, 2004;
- Nordic Swan Ecolabel – Etiqueta Ecológica Nórdica, Países Nórdicos – Dinamarca, Finlândia, Islândia, Noruega e Suécia, 2005;
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – Sociedade Alemã para a Construção Sustentável (DGNB), Alemanha, 2007.

Dentre outras certificações, enfatiza-se quatro atuantes no Brasil. São elas:

- Haute Qualité Environnementale – Alta Qualidade Ambiental (HQE), França, 1995 – desde 2008 no Brasil;
- Leadership in Energy and Environmental Design – Liderança em Energia e Design Ambiental (LEED), Estados Unidos, 1998 – desde 2007 no Brasil;
- Procel Edifica, Brasil, 2003;
- Casa Azul, Brasil, 2010.

Estas serão apresentadas nos tópicos que seguem.

2.6.1 Haute Qualité Environnementale (HQE) / AQUA-HQE

Criada em 1992 na França, a Haute Qualité Environnementale (HQE) é uma certificação baseada nos princípios de desenvolvimento sustentável. No país, a HQE é administrada por uma organização de serviços públicos, reconhecida como HQE Association (HQE, 2021b). São responsáveis em fornecer as certificações na França os seguintes organismos:

- Certivea: planejamento local e edificações não residenciais em construção, reforma ou aproveitamento;
- Cerqual: edifícios residenciais, restaurados ou existentes;
- Cequami: moradias isoladas.

De acordo com a associação (HQE, 2021a), os parâmetros a serem seguidos no país são:

- Atendimento dos requisitos básicos, como conformidade com os regulamentos locais, se houver (acessibilidade, padrões sísmicos, entre outros);
- Mínimo impacto no ambiente envolvente e na saúde e conforto dos utilizadores;
- Alto desempenho em eficiência energética.

Já de modo global, a certificação é de responsabilidade da Cerway, sendo que no Brasil, a HQE é dada desde 2008. Entretanto, desde 2014, em acordo de cooperação com o órgão certificador, o selo é aplicado pela Fundação Vanzolini, conjunto com o já existente Processo AQUA, que tinha os mesmos princípios da francesa, passando a se chamar no Brasil Certificação AQUA-HQE (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2021a).

Por sua vez, de acordo com a Fundação (2021b), no país, para se receber o selo, o empreendedor de construções novas ou renovações deve realizar a avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício (QAE) em pelo menos três fases: pré-projeto, projeto e execução. A avaliação da QAE é dividida em 14 categorias, classificando nos níveis Base – B (7 categorias), Boas Práticas – BP (4 categorias) e Melhores

Práticas – MP (3 categorias), devendo alcançar um perfil mínimo de desempenho para obtê-la. O processo de certificação é mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Processo de certificação AQUA-HQE.



Fonte: FUNDAÇÃO VANZOLINI (2021b)

Como descrito na Figura 3, o processo se dá pela análise do local, baseado nas 14 categorias, elaboração e execução dos projetos conforme exigências de um Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) “que permitem o planejamento, a operacionalização e o controle de todas as etapas de seu desenvolvimento, partindo do comprometimento com um padrão de desempenho definido” (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2021b). Válido ressaltar que, assim como apresentado na Figura 2, todos os envolvidos ao empreendimento – usuários e gestores – devem ser capacitados para o recebimento do selo.

Por fim, a Fundação enfatiza que, com o Processo AQUA-HQE, o empreendedor recebe 2 certificados: um da Fundação Vanzolini Processo AQUA e outro do Cerway HQE.

2.6.2 Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)

Seguindo o modelo criado pela Building Research Establishment's Environmental Assessment Method (BREEAM) do Reino Unido em 1990, o U.S. Green Building Council (USGBC), fundado em 1993, instituiu em 2000 o Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), que como intuito melhorar o desempenho ambiental das edificações por meio de um sistema de classificações nos Estados Unidos (WBDG, 2019).

Com o crescimento e reconhecimento do certificado, em 1999, por meio de um encontro mundial na Califórnia, Estados Unidos, foi estabelecido a WorldGBC, formada três anos depois por oito fundações da Green Building Council (GBC): Estados Unidos, Canada, Australia, Espanha, Índia, Japão, México e Brasil (WORLDGBC, 2021). Esta última foi estabelecida oficialmente apenas 2007, quando se iniciou também, as certificações no país.

No Brasil, a GBC promove cinco diferentes ferramentas, apresentadas na Figura 4.

Figura 4 - Ferramentas de certificações do GBC Brasil.



Fonte: GBC BRASIL (2021g)

De acordo com o instituto, as ferramentas de certificação promovidas no Brasil, com selos exibidos na Figura 4, são a LEED e as GBC Casa, Condomínio, Life e Zero Energy. As definições e categorias de cada uma serão apresentadas a seguir.

2.6.2.1 LEED

As certificações LEED são aplicáveis a maioria dos projetos de edificações, comunidades e cidades que tenham foco sustentável, saudável, eficientes

energeticamente e econômicos (GBC BRASIL, 2021g). A Figura 5 mostra as tipologias do LEED no Brasil, enquanto a Figura 6 ilustra as suas categorias avaliadas.

Figura 5 - Tipologias do LEED.



Fonte: GBC BRASIL (2021f).

Figura 6 - Categorias avaliadas para obtenção do LEED.



Fonte: GBC BRASIL (2021f)

Conforme visto na Figura 5, a certificação LEED divide em 4 tipologias:

- BD+C: Novas construções;
- ID+C: Design de interiores;
- O+M: Edifícios existentes;
- ND: Bairros.

Para receber tais certificações, o empreendimento é avaliado nas seguintes categorias (conforme ilustrado na Figura 6):

- Processo integrado;
- Localização e transporte;
- Terrenos sustentáveis;
- Eficiência hídrica;
- Energia e atmosfera;
- Materiais e recursos;
- Qualidade do ambiente interno;
- Inovação;
- Prioridade regional.

De acordo com o GBC Brasil (2021f), “o nível da certificação é definido conforme a quantidade de pontos adquiridos, podendo variar de 40 pontos a 110 pontos. Os níveis são: Certificado, Silver, Gold e Platinum”

2.6.2.2 GBC Casa e Condomínio

As certificações GBC Casa são aplicáveis a novas construções de unidades unifamiliares (GBC BRASIL, 2021g). Já as certificações GBC Condomínio, ainda de acordo com o conselho, são aplicáveis a novas construções de condomínios multifamiliares. Ambas são avaliadas as fases de projeto e obra, reconhecendo residências eficientes e confortáveis que promovem saúde e bem-estar para os ocupantes. A Figura 7 mostra as categorias das duas certificações.

Figura 7 - Categorias avaliadas para obtenção do GBC Casa e GBC Condomínio.



Fonte: GBC BRASIL (2021b, 2021c)

Conforme visto na Figura 7, as categorias de certificação do GBC Casa e do GBC Condomínio são:

- IMP: Implementação;
- UEA: Uso eficiente da água;
- EA: Energia e atmosfera;
- MR: Materiais e recursos;
- QAI: Qualidade ambiental interna;
- RS: Requisitos sociais;
- IP: Inovação e projeto;
- CR: Créditos regionais.

2.6.2.3 GBC Life

As certificações GBC Life são voltadas ao design de interiores, sendo um guia para o setor, e tem foco em conforto, saúde e bem-estar (GBC BRASIL, 2021g). A Figura 8 exibe as categorias de certificação para este selo.

Figura 8 - Categorias avaliadas para obtenção do GBC Life.



Fonte: GBC BRASIL (2021e)

Assim como visto na Figura 8, a para a obtenção da GBC Life, são analisadas as seguintes categorias:

- Conforto;
- Materiais e recursos;
- Qualidade do ambiente interno;
- Recursos naturais;
- Responsabilidade social;
- Saúde e bem-estar.

2.6.2.4 GBC Zero Energy

Por sua vez, a GBC Zero Energy “é uma ferramenta prática e eficiente para o desenvolvimento de construções, reformas ou operação, visando o equilíbrio entre o consumo e geração de energia por fontes renováveis nestas edificações” (GBC BRASIL, 2021g). A Figura 9 ilustra os treze créditos de avaliação desta certificação.

Figura 9 - Créditos analisados para GBC Brasil Zero Energy.



Fonte: GBC BRASIL (2021d)

Seguindo a ordem apresentada na Figura 9, os treze créditos analisados para a certificação GBC Brasil Zero Energy são:

- Tempo de operação;
- Taxa de ocupação mínima;
- Metragem mínima das áreas construídas;
- Tipologia;
- Atendimento a legislações;
- Empreendimento *off grid*;
- Eficiência energética mínima para geração *on site*;
- Eficiência energética mínima para geração *off site*;
- Geração de energia renovável *on site*;
- Geração de energia renovável *off site*;
- Compra de créditos de energia renovável;
- Uso de energia não renovável;
- Balanço energético anual do empreendimento.

O GBC Brasil ainda apresenta que a GBC Zero Energy tem sete objetivos, ilustrados na Figura 10.

Figura 10 – Objetivos do GBC Zero Energy.



Fonte: GBC BRASIL (2021a)

Conforme visto na Figura 10, os sete objetivos da certificação Zero Energy são:

- Garantir o cumprimento das metas da COP Paris;
- Acelerar a transformação do mercado nacional;

- Eficiência energética e geração de fontes de energia renováveis;
- Gerar novos empregos;
- Desenvolver novas tecnologias;
- Reconhecer a iniciativa dos empreendedores;
- Promover ambientes saudáveis, capazes de propiciar a melhoria do bem-estar dos ocupantes.

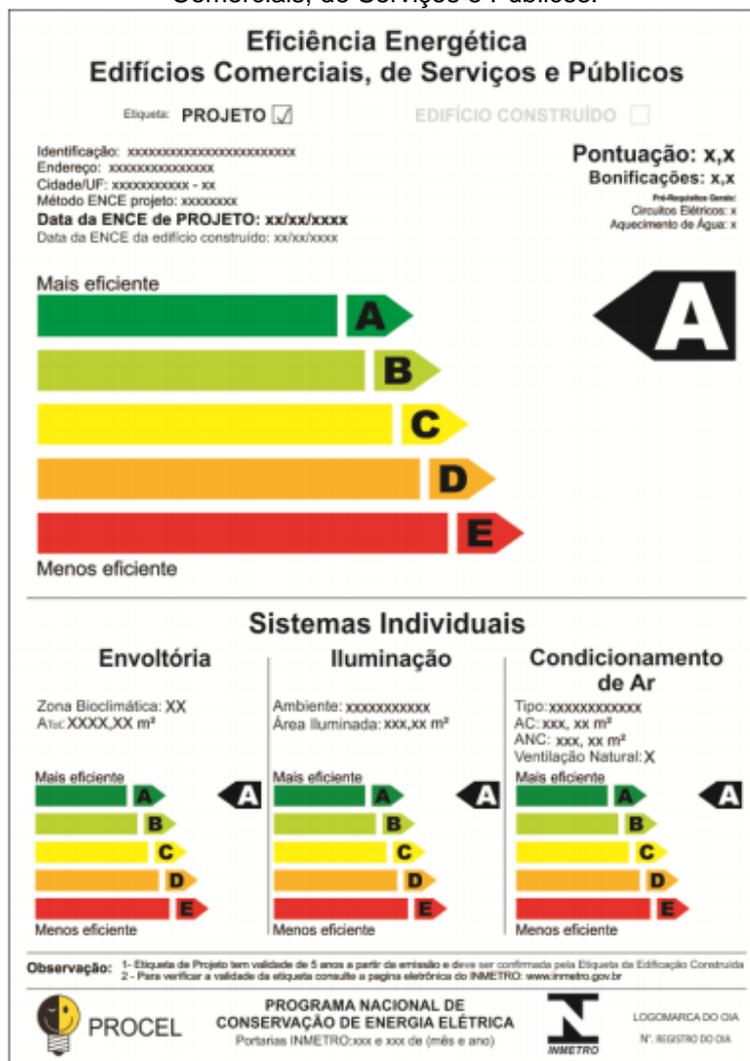
2.6.3 Procel Edifica

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) foi criado em 1985 com o intuito de “promover a eficiência energética, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população e eficiência dos bens e serviços, reduzindo os impactos ambientais” (PROCEL INFO, 2021b). Partindo deste princípio, em 2003 foi criado o programa Procel Edifica, focado em Eficiência Energética em Edificações.

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações foi instituído em conjunto com a Eletrobrás com o intuito de “incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente” (PROCEL INFO, 2021a). De acordo com a instituição, a certificação busca o desenvolvimento e difusão desses conceitos, trabalhando através de 6 campos: capacitação, tecnologia, disseminação, regulamentação, habitação e eficiência energética e planejamento.

Em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), desde 2009 o Procel promove a etiquetagem de eficiência energética em edificações, como mostra figuras 11 a 14.

Figura 11 – Etiqueta de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.



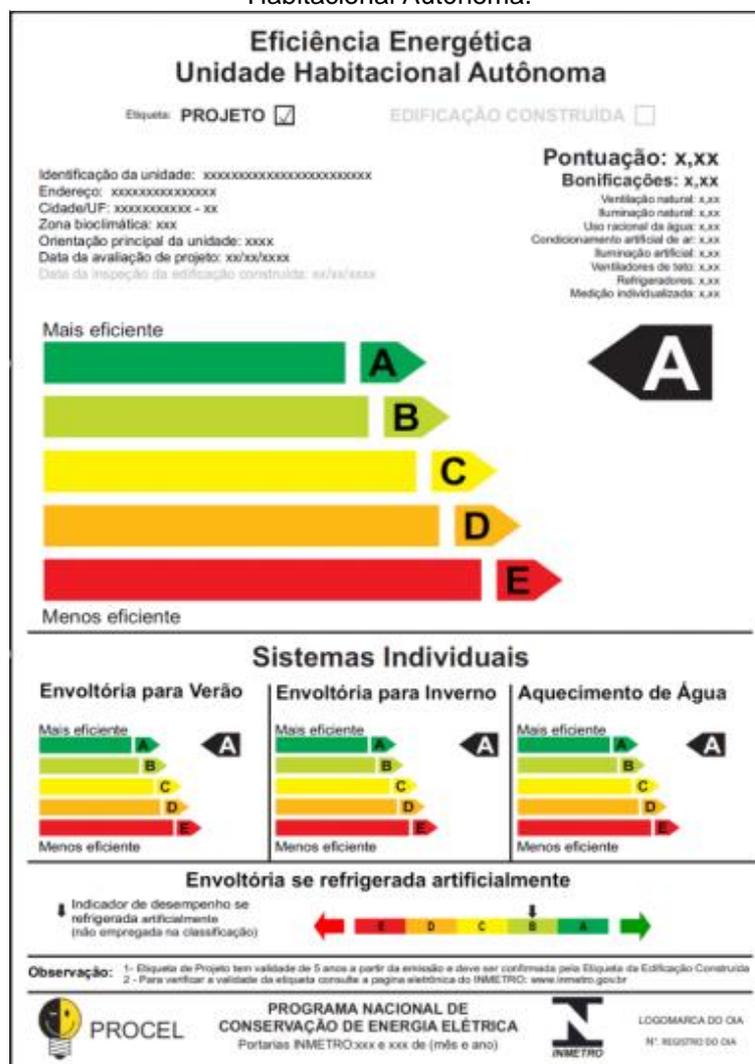
Fonte: LAMBERTS (2012)

A Etiqueta de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, exibida na Figura 11, é dividida nas seguintes partes:

- Nível de eficiência do edifício e dos sistemas individuais (envoltória, iluminação e condicionamento de ar), divididos entre os níveis A – mais eficiente e E – menos eficiente;
- Bonificações: até 1 ponto em economias de:
 - 40% no consumo de água;
 - 10% com uso de energias renováveis;
 - 30% cogeração ou inovações tecnológicas;
 - 70% de fração solar para coletoras;
 - Nível A pela eficiência;
 - Elevadores = avaliação da norma VDI 4707 (0,5 ponto).

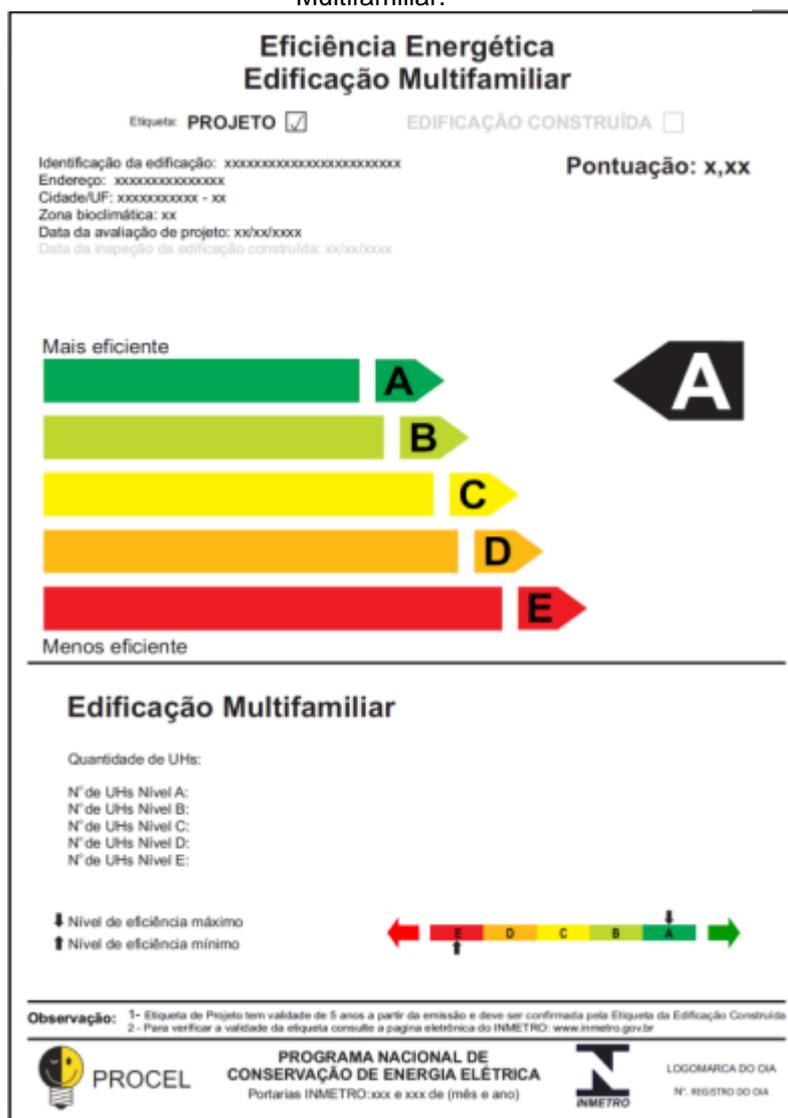
- Pontuação final do edifício, responsável pelo nível de eficiência.
- Os pré-requisitos para esta etiqueta são os circuitos elétricos e aquecimento de água.

Figura 12 – Etiqueta de Eficiência Energética em Unidade Habitacional Autônoma.



Fonte: LAMBERTS (2012)

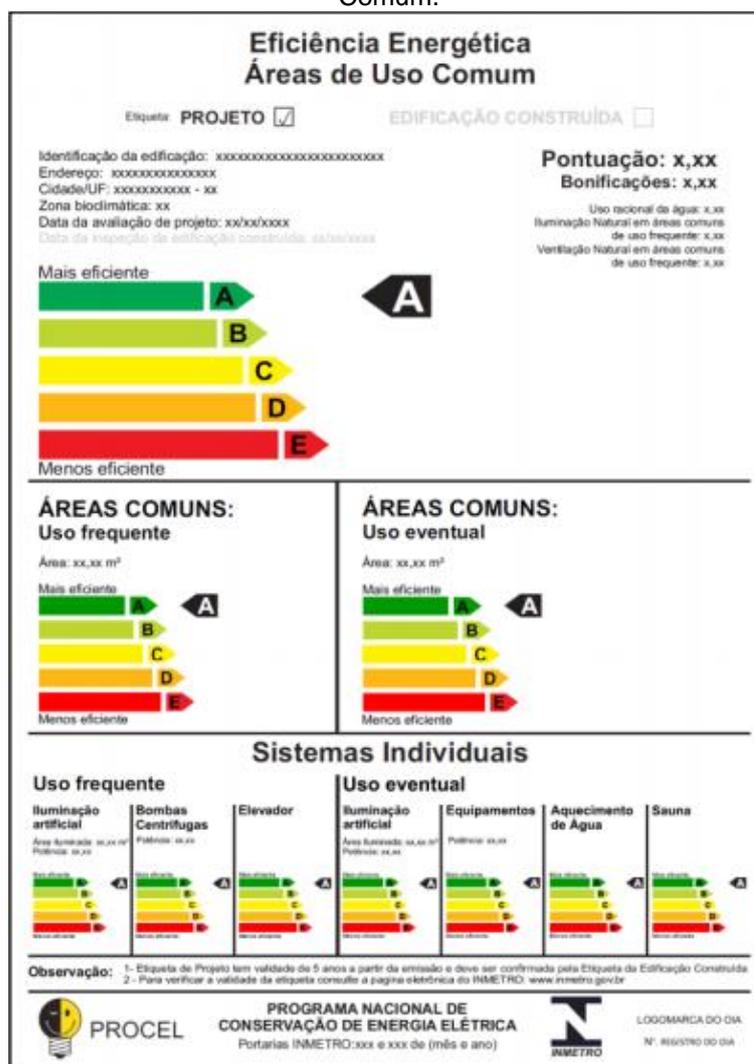
Figura 13 – Etiqueta de Eficiência Energética em Edificação Multifamiliar.



Fonte: LAMBERTS (2012)

A Etiqueta de Eficiência Energética em Unidade Habitacional Autônoma, apresentada na Figura 12, é dividida conforme a de edificações não residenciais, com a diferença que os sistemas individuais são envoltória para verão, envoltória para inverno e aquecimento de água e que os pré-requisitos e as bonificações são a medição individualizada de água e energia elétrica. Por sua vez, a Etiqueta de Eficiência Energética em Edificação Multifamiliar, mostrada na Figura 13, é a média dos níveis das Unidades Habitacionais (UHs) Autônoma.

Figura 14 – Etiqueta de Eficiência Energética em Áreas de Uso Comum.



Fonte: LAMBERTS (2012)

Por fim, a Etiqueta de Eficiência Energética em Áreas de Uso Comum, apresentada na Figura 14, avalia os sistemas individuais de uso frequente – iluminação artificial, bombas centrífugas e elevador; os sistemas individuais de uso eventual – iluminação artificial, equipamentos, aquecimento de água e sauna; tem como bonificação a iluminação e ventilação natural e uso racional de água, e pré-requisitos que são motor elétrico de indução trifásico e envoltória separada da edificação.

A Procel ainda tem como parte de seu programa o Selo Procel Edificações, mostrado na Figura 15.

Figura 15 – Selo Procel Edificações.



Fonte: PROCEL INFO (2014)

Estabelecido em 2014, o selo mostrado na Figura 15, de acordo com o instituto, é um instrumento de adesão voluntária que tem por objetivo principal identificar as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria, motivando o mercado consumidor a adquirir e utilizar imóveis mais eficientes (PROCEL INFO, 2014, p.1).

É recomendado pelo Procel, para se obter o selo, que a edificação seja realizada, desde a etapa de projeto, de forma eficiente. Deve-se seguir também, conforme o instituto (2014), o Regulamento para Concessão do Selo Procel de Economia de Energia para Edificações, bem como os critérios do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais (RTQ-R) do Programa Brasileiro de Edificações (PBE Edifica).

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (2014) ainda diz que o Selo Procel Edificações é outorgado tanto na etapa de projeto, válido até a finalização da obra, quanto na etapa da edificação construída, sendo emitidos pela

Eletrobras após a avaliação realizada por um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA) pelo Inmetro, com escopo de Eficiência Energética em Edificações (OIA-EEE).

2.6.4 Casa Azul

O Selo Casa Azul foi criado em 2009 pela Caixa Econômica Federal com o intuito de ser um programa voltado para classificação do índice de sustentabilidade de projetos habitacionais desenvolvido para a realidade da construção habitacional brasileira (CAIXA, 2020). De acordo com o guia apresentado pelo órgão (2020), podem apresentar projetos para obtenção do selo: construtoras, incorporadoras, poder público local, empresas públicas de habitação, cooperativas, associações e entidades organizadoras sem fins lucrativos.

Os pré-requisitos para candidatar são os atendimentos as regras dos programas, linhas de financiamento e Código de Práticas da Caixa, além da Norma de Desempenho ABNT NBR 15.575 de 2013 e, quando em casos inovadores, as Diretrizes do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais (SINAT).

A análise é feita conforme diretrizes mediante verificação da documentação e vistoria ao local do empreendimento (CAIXA, 2020). Após aprovação, de acordo com o guia (2020), é feito um acompanhamento da execução das especificações previstas em projeto é verificada durante as vistorias de aferição e/ou em vistorias específicas. O empreendimento pode receber quatro certificações, como ilustra Figura 16.

Figura 16 - Níveis do Selo Caixa Azul + Caixa.



Fonte: CAIXA (2020)

De acordo com o guia, assim como ilustra a Figura 16,

O Selo Casa Azul + CAIXA possui 4 níveis de gradação - Bronze, Prata, Ouro e Diamante - concedidos conforme a pontuação alcançada nos 49 critérios de avaliação existentes, somada à pontuação Bônus (CAIXA, 2020, p.2).

Os critérios de avaliação estão distribuídos em seis categorias: Qualidade Urbana e Bem-Estar, Eficiência Energética e Conforto Ambiental, Gestão Eficiente da Água, Produção Sustentável, Desenvolvimento Social e Inovação, assim como apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 - Critérios de avaliação Selo Azul + Caixa.

CATEGORIA	CRITÉRIO
1. QUALIDADE URBANA E BEM-ESTAR	Qualidade e Infraestrutura no Espaço Urbano
	Relação com o Entorno: Interferências e Impactos no Empreendimento
	Coleta Seletiva
	Melhorias no Entorno
	Recuperação de Áreas Degradadas e/ou Contaminadas
	Revitalização de Edificações Existentes e Ocupação de Vazios Urbanos
	Paisagismo
	Equipamentos de Esporte e Lazer
	Adequação às Condições do Terreno
	Soluções Sustentáveis de Mobilidade

2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO AMBIENTAL	Orientação ao Sol e aos Ventos
	Desempenho Térmico e Lumínico
	Dispositivos Economizadores de Energia
	Medição Individualizada de Gás
	Ventilação e Iluminação Natural dos Banheiros
	Iluminação Natural de Áreas Comuns
	Sistema de Aquecimento Solar
	Geração de Energia Renovável
	Elevadores Eficientes
3. GESTÃO EFICIENTE DA ÁGUA	Dispositivos Economizadores de Água
	Medição Individualizada de Água
	Áreas Permeáveis
	Reuso de Águas Servidas/Cinzas
	Aproveitamento de Águas Pluviais
	Retenção ou Infiltração de Águas Pluviais
4. PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL	Gestão de Resíduos da Construção e Demolição
	Fôrmas e Escoras Reutilizáveis (ou não utilizadas)
	Madeira Certificada
	Coordenação Modular
	Componentes Industrializados ou Pré-Fabricados
	Pavimentação e Calçamento com RCD
	Gestão Eficiente da Água no Canteiro de Obras
5. DESENVOLVIMENTO SOCIAL	Capacitação para Gestão do Empreendimento
	Educação Financeira e Planejamento Financeiro dos Moradores
	Mitigação do Desconforto da População Local Durante as Obras
	Inclusão de Trabalhadores e Fornecedores Locais
	Capacitação Profissional dos Empregados
	Ações para Mitigação de Riscos Sociais
	Educação Ambiental dos Empregados e Moradores
	Ações para Geração de Emprego e Renda
	Ações de Integração Social na Comunidade
	Apoio na Manutenção Pós-Ocupação
	Segurança e Saúde no Canteiro de Obras
6. INOVAÇÃO	Aplicação do BIM na Gestão Integrada do Empreendimento
	Gestão para Redução das Emissões de Carbono
	Sistemas Eficientes de Automação Predial
	Conectividade
	Ferramentas Digitais Voltadas a Práticas de Sustentabilidade
	Possibilidade de Adequação Futura da UH às Necessidades dos Usuários
	Outras Propostas Inovadoras
BÔNUS	Critério Bônus

Fonte: CAIXA (2020), adaptado.

Como possível ver no Quadro 3, existem 50 critérios de avaliação, mais um bônus. De acordo com a Caixa (2020), para a obtenção dos Selos Bronze, Prata e

Ouro, deve-se atender ao menos 15; já para o Selo Diamante, devem ser atendidos mais 7 critérios.

3 METODOLOGIA

Conforme definido por Gerhardt e Silveira (2009, p.12), “metodologia é o estudo da organização, dos caminhos a serem percorridos, para se realizar uma pesquisa ou um estudo, ou para se fazer ciência”. Ou seja, são os instrumentos, formas, procedimentos e modelos utilizados para chegar a um fim.

Nesta etapa será abordado, portanto, quais são os principais métodos e quais foram utilizados neste trabalho, descrevendo, também, as limitações confrontantes.

3.1 Tipos de pesquisa

Relativo aos tipos de pesquisa, Gerhardt e Silveira (2009) divide em dois grupos: básica e aplicada. O primeiro, de acordo com os autores, é relacionado a gerar novos conhecimentos, porém sem aplicação prática prevista. Já a segundo, tem o intuito de gerar conhecimentos para aplicação prática objetivando solucionar problemas específicos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Os autores completam dizendo que a pesquisa básica envolve verdades e interesses universais, enquanto a aplicada envolve verdades e interesses locais.

Logo, a partir das definições, a presente pesquisa se encaixa no grupo de pesquisas aplicada, pois busca difundir alguns dos principais tipos de materiais de Construção Civil sustentáveis, assim como as certificações relacionadas as construções ecológicas no Brasil.

3.2 Natureza de pesquisa

Em relação a natureza da pesquisa, categorizada como formas de abordagem por Gerhardt e Silveira (2009), existem dois tipos: qualitativa e quantitativa.

A pesquisa qualitativa não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc. [...] os métodos qualitativos buscam explicar o porquê

das coisas, exprimindo o que pode ser feito, mas não quantificam os valores e as trocas simbólicas nem se submetem à prova de fatos, pois os dados analisados são não-métricos (suscitados e de interação) e se valem de diferentes abordagens (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 33-34).

Já a pesquisa quantitativa, Gerhardt e Silveira (2009) *apud* Fonseca (2002) afirma que os resultados de um estudo podem ser quantificados, recorrendo à linguagem matemática para descrever causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, entre outros.

A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com auxílio de instrumentos padronizados e neutros (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p.35 *apud* Fonseca, 2002, p.20).

Este trabalho não quantifica os dados apresentados, apenas apresenta definições, meio de produção e impactos causados na produção de um material de construção civil. Portanto, considera-se que a pesquisa é de natureza qualitativa.

3.3 Pesquisa quanto aos fins

Já relacionado aos fins ou, conforme Gerhardt e Silveira (2009), quanto aos objetivos, as pesquisas podem ser classificadas em três grupos:

- Pesquisa exploratória: proporciona maior integração com o problema, com o propósito de descrevê-lo ou construir hipóteses;
- Pesquisa descritiva: tem o intuito de descrever os fatos e fenômenos de uma determinada realidade;
- Pesquisa explicativa: preocupa-se em identificar os fatores que determinam o que contribui para a ocorrência dos fenômenos, explicando o porquê das coisas através dos resultados oferecidos.

Frente ao apresentado, o presente trabalho se enquadra em pesquisa descritiva. Isto se dá, pois, a pesquisa apresenta dados sobre os materiais ecológicos, a necessidade da sustentabilidade na Construção Civil, além das certificações relacionadas aos temas no Brasil, explicitando informações pouco divulgadas em âmbito geral.

3.4 Pesquisa quanto aos meios

Quanto aos meios ou aos procedimentos, Gerhardt e Silveira (2009) apresentam doze tipos diferentes de pesquisa. Dentre estes, destaca-se quatro: pesquisa experimental, bibliográfica, documental e estudo de caso.

De acordo com os autores, a pesquisa experimental agrupa assuntos coincidentes e os submetem a tratamentos diferentes. Estes podem ser desenvolvidos em laboratório – com ambiente artificial – ou em campo – com condições de manipulações dos sujeitos criados nas próprias organizações, comunidades ou grupos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Os autores, citando Fonseca (2002), afirmam que a pesquisa bibliográfica é realizada a partir de referencial teórico já estudado, publicados por meio de escritos de eletrônicos, como livros, artigos científicos e páginas na internet. A pesquisa documental é similar a bibliográfica, diferenciando-se por recorrer a fontes mais diversificadas.

A pesquisa documental recorre a fontes mais diversificadas e dispersas, sem tratamento analítico, tais como: tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, cartas, filmes, fotografias, pinturas, tapeçarias, relatórios de empresas, vídeos de programas de televisão, etc. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p.39 *apud* FONSECA, 2002, p.32).

Por fim, estudo de caso, de acordo com Gerhardt e Silveira (2009) *apud* Fonseca (2002), são aqueles caracterizados com estudo de uma entidade como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa ou uma unidade social. Conforme Fonseca (2002), esse tipo de pesquisa visa aprofundar em como e o porquê de uma determinada situação ocorrer, sem intervir sobre o objeto a ser estudado, mas revelando sua percepção. Segundo Gerhardt e Silveira (2009) *apud* Alves-Mazzotti (2006), pode-se ter estudo de casos múltiplos, nos quais vários estudos são conduzidos simultaneamente: vários indivíduos ou várias instituições.

Com base nessas definições, pode-se categorizar este estudo como uma pesquisa bibliográfica e documental, pois utiliza-se de materiais já elaborados e aqueles sem tratamento analítico. Ambos são relacionados à materiais sustentáveis de Construção Civil, sendo provenientes de livros, artigos, revistas e publicações em páginas de internet.

3.5 Universo e amostra

Todo trabalho contém um objeto de estudo. Em termos de metodologia, este alvo é dividido em universo e amostra.

População (ou universo da pesquisa) é a totalidade de indivíduos que possuem as mesmas características definidas para um determinado estudo. Amostra é parte da população ou do universo, selecionada de acordo com uma regra ou plano. A amostra pode ser probabilística e não-probabilística (MORESI, 2003, p.29).

O autor divide, ainda, as amostras em três grupos cada, conforme segue:

- Amostras não-probabilísticas:
 - Amostras acidentais: composta por acaso, sem definição prévia;
 - Amostras por quotas: composta por elementos constantes da população;
 - Amostras intencionais: composta por casos escolhidos que representam um mesmo julgamento do universo.
- Amostras probabilísticas:
 - Amostras casuais simples: cada elemento da população tem oportunidade igual de ser incluído na amostra;
 - Amostras casuais estratificadas: cada estrato, definido previamente, é representado na amostra;
 - Amostras por agrupamento: conjunto de amostras representativas de uma população.

Conforme definições, define-se que esta pesquisa tem como o universo o campo da sustentabilidade na Construção Civil, não havendo uma amostra definida. Dentro desta população, abordar-se-á a sua necessidade, os materiais sustentáveis e os chamados selos verdes.

3.6 Coleta e análise de dados

De acordo com Moresi (2003, p.29), “a definição do instrumento de coleta de dados dependerá dos objetivos que se pretende alcançar com a pesquisa e do

universo a ser investigado”. O autor divide em quatro os instrumentos de coleta de dados: observação, entrevista, questionário e formulário.

Observação é quando se utiliza os sentidos não obtenção de dados de determinados aspectos da realidade (MORESI, 2003). De acordo com o autor, este se subdivide em sete tipos:

- Observação assistemática: não tem planejamento e controle previamente elaborados;
- Observação sistemática: tem planejamento, realiza-se em condições controladas para responder aos propósitos preestabelecidos;
- Observação não-participante: o pesquisador presencia o fato, mas não participa;
- Observação individual: realizada por um pesquisador;
- Observação em equipe: feita por um grupo de pessoas;
- Observação na vida real: registro de dados à medida que ocorrem;
- Observação em laboratório: onde tudo é controlado.

Já por meio de uma entrevista, conforme Moresi (2003), as informações são obtidas o meio de uma interlocução sobre um determinado assunto o problema, podendo ser: padronizada ou estruturada – com roteiro previamente definido – ou não-estruturada – que não tem uma rigidez no roteiro.

O terceiro instrumento é o questionário que, de acordo com Moresi (2003), é feito uma série ordenada de perguntas que devem ser respondidos por escrito pelo informante de forma objetivo. Neste documento primário deve haver as instruções esclarecendo o seu propósito de aplicação e ressaltando a importância da colaboração do informante seu preenchimento. De acordo com o autor, as perguntas podem ser abertas, fechadas ou de múltipla escolha.

Por fim, o formulário é um instrumento de coleta de dados que contém uma coleção de questões anotadas para o entrevistador numa situação face a face com outra pessoa, no caso, o informante (MORESI, 2003).

O autor (p.30) destaca que “a coleta de dados estará relacionada com o problema, a hipótese ou os pressupostos da pesquisa e objetiva obter elementos para que os objetivos propostos na pesquisa possam ser alcançados”.

Complementando a coleta de dados, tem-se a análise das informações.

Uma vez que os dados foram coletados, trata-se de verificar se essas informações correspondem às hipóteses, ou seja, se os resultados

observados correspondem aos resultados esperados pelas hipóteses ou questões da pesquisa (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p.60 *apud* QUIVY; CAMPENHOUDT, 1995, p.213).

Os autores, no mesmo trecho, ainda afirmam que existe uma segunda função para as análises das informações, que é a “de interpretar os fatos não cogitados, rever o a final as hipóteses, para que, ao final, o pesquisador seja capaz de propor modificações e pistas de reflexão e de pesquisa para o futuro”.

Corroborando com as definições abordadas, descreve-se que este trabalho foi realizado por meio de observação em equipe, a partir de uma pesquisa inicial sobre construções sustentáveis, por meio de pesquisas bibliográficas e documentais em arquivos relacionados ao tema. Já análise de dados, desenvolveu-se na comparação dos dados obtidos nestas coletas de dados, buscando levantar informações para abordar a necessidade da sustentabilidade na Construção Civil, os principais materiais alternativos e a certificações relacionadas as edificações ecológicas no Brasil.

3.7 Limitações da pesquisa

A limitação encontrada para o desenvolvimento deste trabalho foi a falta de bibliografia que defina os materiais comuns e os materiais sustentáveis, e que contenha dados suficientes para a comparação entre eles em termos de sustentabilidade.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 Necessidade da sustentabilidade na Construção Civil

A Construção Civil é considerada um dos maiores utilizadores de materiais e matérias-primas dentre todas os setores, ocasionando diversos impactos ambientais negativos. Por outro lado, tem-se o crescimento excessivo e descontrolado da população mundial, o que acarreta o aumento de construções e objetos de infraestrutura e, portanto, no consumo de bens e insumos relacionados ao setor.

Dentre as cargas ambientais relativas à construção pode-se citar o alto consumo de água, energia e madeira, a grande geração de resíduos e alta liberação de gás carbônico (CO₂).

A água é um dos principais insumos da Construção Civil, sendo este setor a principal atividade humana que a consome, chegando em até 34% do uso no mundo (OLIVEIRA, 2015 *apud* BELTRAME, 2013). O recurso natural é utilizado desde a produção das matérias-primas – como no concreto, por exemplo – até na execução das obras. Vale ressaltar que a água também é consumida durante o uso das edificações, aumentando gradativamente a porcentagem apresentada se considerado tal fato.

Destaca-se também, que a água majoritariamente utilizada para todas as fases é a doce, que está disponível apenas em 2,5% da totalidade do recurso no mundo – os outros 97,5% são de água salgada (SHIKLOMANOV, 1998). Dessa pequena parcela, conforme Brito *et al.* (2007) 68,9% estão em geleiras; 29,9% em águas subterrâneas; 0,9% em solos, pântanos e geadas; e 0,3% em rios e lagos.

No caso da energia, de acordo com Oliveira (2015) *apud* Beltrame (2013), a Construção Civil é responsável por 50% do uso total do recurso. A utilização do insumo em si não é impactante no âmbito ambiental. Entretanto, dependendo da forma que a sua produção é realizada, pode-se gerar impactos irreversíveis ao planeta, assim como apresentado por Moura e Motta (2013):

Na modernidade, as fontes de energias renováveis foram substituídas por energias fósseis, não renováveis, porém mais eficientes e flexíveis em suas utilizações, destacando-se o petróleo entre elas. E frente ao progressivo aumento da demanda por energia, a matriz energética mundial configurou-se

como baseada nesses combustíveis – a matriz brasileira, inclusive, apesar de hoje ostentar forte base hidráulica e de biomassa.

Com a matriz baseada em combustíveis fósseis, os atuais padrões de produção e consumo de energia impactam negativamente sobre o meio ambiente, gerando poluição, modificação de ecossistemas e emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera, conflitando com o conceito de sustentabilidade, uma exigência contemporânea. (MOURA; MOTTA, 2013, p.2).

Assim como a água, a energia está presente em todas as fases da edificação, desde seu projeto até o fim de sua vida útil, passando, principalmente, por seu uso.

Se tratando da utilização da madeira na Construção Civil, esta tem dois lados opostos. O material é um dos principais insumos para a construção parcial ou total das edificações, assim como para a sua decoração, sendo responsável pelo consumo de 66% de toda a madeira extraída no mundo, o que pode gerar grandes impactos ambientais negativos caso não utilizados madeiras de proveniência legais (OLIVEIRA, 2015 *apud* BELTRAME, 2013). Contudo, existe uma saída para tal problema, que é a utilização de madeiras derivadas do reflorestamento, sendo este uma das formas mais utilizadas de sustentabilidade no setor.

No caso dos resíduos, ainda conforme Oliveira (2015) – que cita Beltrame (2013) –, a Construção Civil é responsável pela produção de até 40% do total, sendo estes chamados de Resíduos de Construção Civil (RCC) e Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Conforme o Plano Nacional de Resíduos Sólidos de 2012, é produzido anualmente em torno de 500 kg de entulho por habitante. Contudo, de acordo com o Panorama Nacional de Resíduos Sólidos de 2020, apenas 213,5 kg são coletados por habitante por ano, restando ainda quase 60% do resíduo.

A indústria da construção civil apresenta perdas causadas por falhas ou omissões na elaboração dos projetos e na sua execução, má qualidade e acondicionamento impróprio dos materiais, falta de equipamentos, uso de técnicas inadequadas de construção, falta de planejamento na montagem dos canteiros de obras, falta de acompanhamento técnico na produção e ausência de uma cultura de reaproveitamento e reciclagem dos materiais. Nas demolições a geração de resíduos é inerente à atividade [...] Os resíduos da construção civil (RCC) ou de construção e demolição (RCD) representam um importante problema ambiental: os entulhos podem representar mais de 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos de uma cidade brasileira de média e grande porte. (MENEZES *et al.*, 2011, p.17-18).

Todavia, da mesma maneira que a madeira tem sua solução no âmbito sustentável dos edifícios, os resíduos também podem ser uma forma de transformar as construções em edificações sustentáveis. Muitos dos materiais e resíduos podem ser reaproveitados se houver um procedimento de separação de seus componentes.

Entretanto, de acordo com o Relatório de Pesquisa Setorial da Associação Brasileira para reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2020), no país, apenas 21% de todo o RCC e RCD coletado são reciclados, restando uma grande quantidade, que são dispostas muitas vezes irregularmente.

Por fim, tem-se a produção de gás carbônico, sendo a Construção Civil um dos principais setores que emitem o poluente, que é o principal gás responsável pelo aquecimento global – o Efeito Estufa. Com base no estudo divulgado por Stachera Jr (2008), os processos de produção/obtenção dos materiais com maior produção de gases de efeito estufa são o cimento, cal, aço, areia, brita e cerâmica vermelha, além do transporte desses.

Logo, a busca pela substituição dos materiais e pela mudança na forma de sua produção, visando a diminuição da liberação dos gases de Efeito Estufa, do consumo de energia e água, e da geração de resíduos, são importantes formas de buscar a sustentabilidade da Construção Civil, reduzindo os impactos ambientais causados pelas edificações.

4.2 Principais materiais de construção sustentáveis

Uma das formas de redução dos impactos ambientais negativos dentro do setor da Construção Civil, tem-se os materiais de construção sustentáveis ou ecológicos. Diversos são os parâmetros utilizados para se avaliar se um material é ecologicamente correto, sendo variáveis a cada definição divulgada. Contudo, existe um consenso no ramo a engenharia sobre os critérios que devem ser priorizados para considerar um insumo sustentável.

Torgal e Jalali (2007; 2010) apresenta tais parâmetros, sendo eles: não ser tóxico, ter baixa energia incorporada, ser reciclável e ser proveniente de fontes renováveis, ter baixa emissão de gases de efeito estufa, ser durável com longo ciclo de vida. É válido ressaltar que não é necessário atender todos os critérios, porém deve priorizar aqueles que tem o maior número de características sustentáveis.

O principal material de construção sustentável, e o mais utilizado, é a madeira de demolição. Podendo estar presente em todas as fases de uma construção, o elemento é proveniente do garimpo de madeiras nobres retiradas de antigas

construções como antigos casarões, fábricas, fazendas, ferrovias, galpões e tulhas. A matéria-prima pode ser utilizada tanto como formas e equipamentos de proteção, quanto em estruturas nas construções, como pilares, piso e deques. Contudo, é empregue, principalmente, em portas, janelas, mesas, cadeiras e outros móveis. A Figura 17 exemplifica o uso da madeira de demolição em uma construção.

Figura 17 – Usos da madeira de demolição.



Fonte: ARCOLINI; BARRADAS (2020)

Como é possível ver na Figura 17, a madeira de demolição pode ser utilizada tanto na estrutura – como a da cobertura, quanto na decoração – revestimento das paredes e móveis.

Análogo as madeiras de demolição, tem-se as de reflorestamento. Tal tipo é utilizado para suprir as necessidades da utilização de madeira no setor da Construção Civil e tem como principal intuito a preservação de florestas nativas. A matéria-prima provem principalmente do pinus e do eucalipto e, assim como as que são reutilizadas, podem ser empregues em qualquer fase de uma edificação.

Relativos a principal forma de cobertura sustentável de uma construção, tem-se os ecotelhados, sendo que o mais utilizado é o telhado verde. O elemento visa uma maior integração entre edificação e paisagismo a partir do cultivo de plantas rasas sobre os telhados em vez da utilização de cerâmica, aço ou outros materiais duros. O ecotelhado ameniza ilhas de calor, propiciam conforto térmico e acústico e são de fácil manutenção. Pode ser utilizado, também, como ferramenta para reserva de água para reaproveitamento.

Os telhados verdes são divididos em 7 camadas: telhado, membrana à prova d'água, barreira contra raízes, sistema de drenagem, tecido permeável, terra e vegetação. Como exemplo de uso, exibe-se nas Figuras 18 e 19, a cobertura do Instituto Horizonte, situado em Belo Horizonte.

Figura 18 – Telhado verde no Instituto Horizonte, Belo Horizonte/MG.



Fonte: INSTITUTO ORIZONTE (2020)

Figura 19 – Imagem de satélite do Instituto Horizonte.



Fonte: GOOGLE EARTH (2021)

Inaugurado no final de 2020, data da fotografia apresentada na Figura 18, o Instituto Horizonte possui 6942 metros quadrados de cobertura vegetal com capacidade de captar 370 mil litros de água pluvial por metro quadrado (INSTITUTO

HORIZONTE, 2020). A Figura 19, datada em julho de 2021, é uma aerofotografia que mostra com a edificação está coberta quase inteiramente pelo ecotelhado.

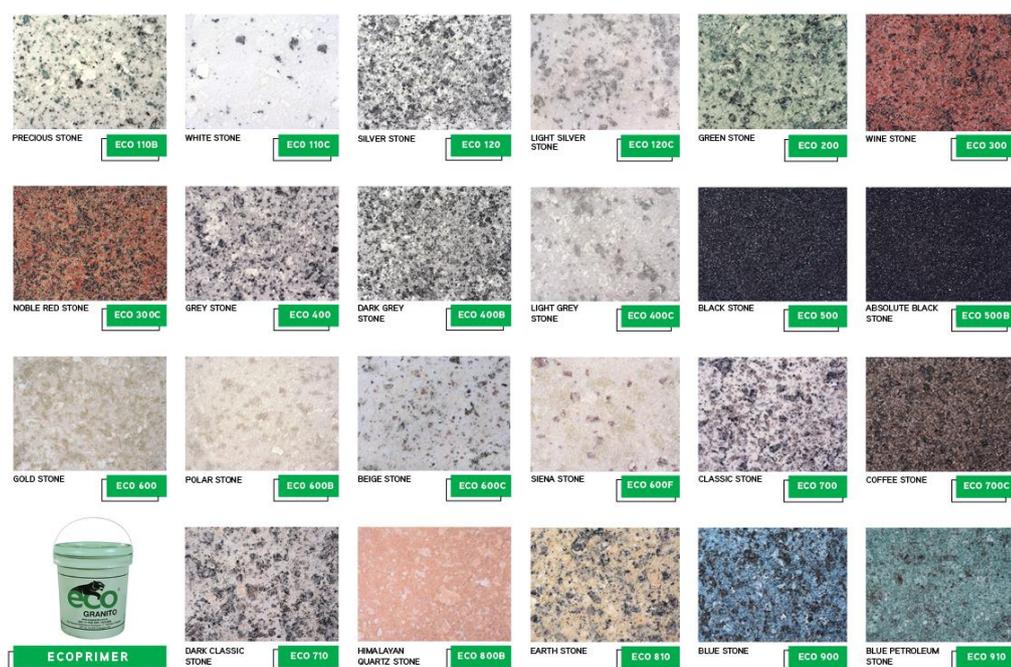
Um dos principais componentes do setor da Construção Civil, assim como outros ramos, são as lâmpadas. Sua versão mais ecológica é o Light Emitting Diode, o Diodo Emissor da Luz, ou simplesmente, o LED. O componente eletrônico, inventado pelo engenheiro estadunidense Nick Holonyac, tem processo diferente das lâmpadas convencionais, não exalando gases, não emitindo raios ultravioletas e infravermelho, e sem consumo de filamentos metálicos. A vida útil do LED pode chegar a 50 mil horas, tendo baixo custo e grande eficiência.

Como alternativa sustentável de revestimento das edificações, pode-se citar as tintas, vernizes e solventes ecológicos, ecogranito (Figura 20), revestimentos de poliuretano (PU) e argilas e fibras.

Diferentes das convencionais, que contém Compostos Orgânicos Voláteis (COV), as tintas sustentáveis não contém tóxicos, metais pesados e solventes, sendo derivados de plantas, vegetais e água. As tintas ecológicas resultam em resinas acrílicas de alta qualidade e baixo odor.

Os vernizes e solventes ecológicos tem o mesmo resultado que os normais, porém a biodegradação ocorre em 28 dias, contém um índice quase nulo de tóxicos e possui pouco odor, além de ser mais acessível financeiramente.

Figura 20 – Tipos e cores de Ecogranitos.



*REFERÊNCIA DE CORES MERAMENTE ILUSTRATIVA

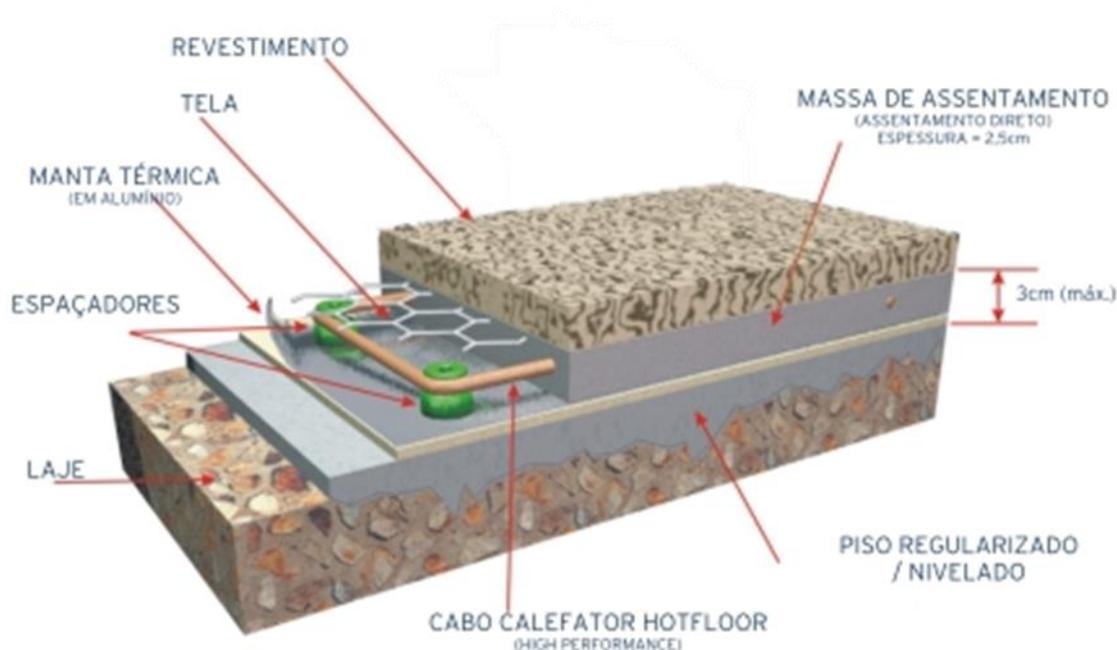
Fonte: ECOGRANITO (2019)

Os ecogranitos, que tem alguns de seus tipos e cores mostrados na Figura 20, têm como composição os resíduos gerados a partir da extração de granitos e mármore, resina acrílica, coalescentes, espessantes, microbicidas não-metálicos e pigmentação inerte. O revestimento é considerado mais resistente às intempéries ambientais e contém um valor mais baixo que os tradicionais.

Por sua vez, o poliuretano é um material plástico amplamente utilizado na indústria como revestimento de parede, piso antiderrapante, telhas, tanques e lajes, substituindo vernizes, borracha e outros componentes. O acabamento de PU tem alta resistência a corrosão, óleos e cortes, além de ter variedade de textura; contém flexibilidade, isolamento acústico, isolamento térmico, resistência à brasão, elasticidade ao choque, capacidade de suportar carga e resistência dielétrica, resultando em economias com materiais de proteção e, também, energia elétrica.

Ainda, tem os materiais pouco conhecidos e acessíveis no Brasil. Destes, citam-se os pisos de massa térmica (Figura 21), os pisos de concresteel (Figura 22) e os telhados inteligentes (Figura 23).

Figura 21 – Esquema do piso de massa térmica.



Fonte: LCK (2021), adaptado.

Figura 22 – Pisos de concresteel.



Fonte: CONCRESTEEL (2021)

Os pisos de massa térmica, com esquema apresentado na Figura 21, se refere aos pisos que contém um sistema de aquecimento automatizado elétrico ou hidráulico, mantendo o ambiente em uma temperatura. Já os pisos de concresteel, mostrado na Figura 22, são pisos cimentícios de área externa que contém alta resistência e proporcionam conforto termoacústico. São constituídos por cerâmica, vidro e outros compostos que seriam descartados, e sua instalação não gera resíduos.

Já os telhados inteligentes, ainda pouco disponível no mundo todo, são similares aos pisos de massa térmica, sendo um tipo de cobertura que age como um termômetro, ajustando o ambiente conforme a temperatura almejada, tendo recursos para refletir a luz solar quando quente, e absorver mais calor quando mais frio, melhorando seu conforto e diminuindo eventuais gastos com aquecimento. Existem inúmeras variações dessas coberturas, com tecnologias e materiais diferentes. Destas, destaca-se a versão do professor malásio Wen Tong Chong apresentado na Figura 23.

Figura 23 – Estrutura do telhado inteligente de Wen Tong Chong.



Fonte: CHONG *et al.* (2016)

A estrutura, mostrada na Figura 23, além de promover o conforto térmico, produz energia por meio de placas fotovoltaicas e turbinas eólicas instaladas no coletor de ventos em formato de “V”. Ainda, se tem as claraboias transparentes, que iluminam o interior da construção, reduzindo a necessidade de iluminação artificial, e um coletor de água de chuva conectado a um sistema automatizado de resfriamento e limpeza que lava as células solares embutidas no telhado. Conforme o autor do projeto, o exemplar estudado gerou 21,20 quilowatts (kWh) de energia, suficiente para suprir uma família de 6 integrantes, movimentou 217 milhões de metros cúbicos de ar anuais com o sistema de ventilação, reduziu a emissão de CO₂ em 17768 kg e coletou 525 metros cúbicos de água de chuva (CHONG *et al.*, 2016).

Ressalta-se que existem diversos outros materiais, componentes e revestimentos ecológicos, além de formas de ser sustentável, na Construção Civil, com inúmeras vantagens, principalmente no âmbito ambiental. Desses, podem ser citados o uso de aquecedores e painéis de energia solar, vidros com proteção solar, jardins verticais e posicionamento correto de geladeiras como formas de diminuir o gasto com energia e a reutilização de água pluvial para economia dos recursos hídricos.

4.3 Principais certificações relacionadas a construções sustentáveis no Brasil

Como forma de incentivo para o uso de elementos sustentáveis na Construção Civil, foram criadas certificações. No Brasil, os principais selos considerados são o Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), Procel Edifica e Casa Azul.

Considerado a principal certificação sustentável no mundo, o LEED foi criado pela Green Building Council (GBC), um conselho formado por oito países, inclusive o Brasil. No país, o GBC promove desde 2007 cinco ferramentas diferentes: LEED, GBC Casa e Condomínio, Life e Zero Energy. Os selos são dados conforme pontuações, variáveis em cada categoria, dividindo-se nos níveis Certificado, Silver, Gold e Platinum.

No Brasil, com o intuito de incentivar a conservação e uso eficiente dos recursos naturais, foi criado pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o Selo Procel, focado na eficiência energética das edificações. A etiqueta, entregue pelo projeto Procel Edifica, trabalha seis campos: capacitação, tecnologia, disseminação, regulamentação, habitação e eficiência energética e planejamento.

Ainda no país, tem-se o Selo Casa Azul. Criado em 2009, pela Caixa Econômica Federal, a certificação é voltado para a classificação do índice de sustentabilidade de projetos habitacionais. O selo pode ser obtido por construtora, incorporadora, poder público, empresas públicas de habitação, cooperativas, associações e entidades organizadoras sem fins lucrativos. Os níveis desta certificação são Bronze, Prata, Ouro e Diamante, entregues conforme pontuação alcançada nos 49 critérios de avaliação.

Vale destacar também, o Selo BH Sustentável, criado pelo Conselho Municipal do Meio Ambiente (COMAM) da Prefeitura de Belo Horizonte. A certificação, instituída pela Portaria nº 06 de 2012, dentro do Programa de Certificação em Sustentabilidade Ambiental, é

destinada aos empreendimentos públicos e privados, residenciais, comerciais e/ou industriais, que adotarem medidas que contribuam para a redução do consumo de água, de energia, das emissões atmosféricas e da geração de resíduos sólidos, além de alternativas de reciclagem e de reaproveitamento dos resíduos gerados (PBH, 2021, p.1).

Pode-se citar como exemplo desta certificação, o prédio do Instituto Orizonti, que seguiu os parâmetros necessários para receber o selo, que são redução do consumo de água, de energia, das emissões atmosféricas e da geração de resíduos sólidos, além de alternativas de reciclagem e de reaproveitamento dos resíduos gerados. O selo divide-se nos níveis Bronze, Prata e Ouro e tem, ainda, um Certificado de Boas Práticas Ambientais (CESA), para aqueles empreendimentos que implementarem medidas de sustentabilidade, mas não alcançarem os índices mínimos estabelecidos para a certificação, em cada área temática.

Relacionado as três primeiras certificações citadas, a Tabela 1 descreve a quantidade de empreendimentos que receberam os selos.

Tabela 1 - Certificados distribuídos no Brasil.

Selo	Nível	Quantidade
GBC LEED	Certificado	150+1
	Silver	224+2
	Gold	295+2
	Platinum	65
	Registrados	942
	Recusados	4
	GBC Casa e Condomínio	Projeto
Verde		1
Prata		5
Ouro		12
Platina		3
Registrados		79
GBC Zero Energy	Certificados	20
	Registrados	33
Procel Edifica	-	66
Caixa Casa Azul	Bronze	5
	Prata	24
	Ouro	37
	Diamante	3

Fonte: CAIXA (2021); GBC BRASIL (2021h; 2021i; 2021j); PROCEL INFO (2014), adaptado.

A Tabela 1 mostra os dados relacionados a quantidade de empreendimentos com os selos apresentados. O GBC já certificou: 739 no selo LEED (sendo que 5 estão na fase de pré-certificação); 28 no Casa e Condomínio e 20 no Zero Energy. Além disso, outros 1054 empreendimentos estão registrados, e 4 foram recusados. No caso

do Procel Edifica, foram certificadas 5 residências e 27 edifícios não residenciais na etapa de projeto, e mais 34 edifícios construídos. Por fim, divididos nos 4 níveis, o Selo Caixa Azul certificou 69 construções no Brasil.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sustentabilidade é um tópico cada vez mais importante no dia a dia, impactando principalmente na saúde do Planeta Terra e de seus habitantes. Não obstante, no ramo da Engenharia Civil, o desenvolvimento sustentável tem ocupado gradativamente mais espaço nas discussões e projetos relacionados ao setor.

O ramo da Construção Civil é um dos que mais geram resíduos e, também, mais consomem matérias-primas e bens não renováveis no país e no mundo. Desta forma, observa-se uma necessidade de envolver a sustentabilidade no setor, o que contribui para a diminuição do impacto ambiental e, ainda, gera economia.

Uma das principais formas de minimização desses impactos, é a substituição dos materiais por elementos sustentáveis. Estes são conhecidos por visarem a diminuição dos gases de Efeito Estufa, do consumo de energia e água e geração de resíduos. Alguns, ainda, são provenientes de materiais reciclados, o que rebaixa os impactos negativos gerados no meio ambiente.

Para incentivar o uso de tais elementos, criaram-se as certificações sustentáveis. Focados no Desenvolvimento Sustentável, os selos vão de níveis municipais até mundiais. Entretanto, os incentivos ainda são pouco consideráveis se relacionar aos valores mais altos dos materiais ecologicamente corretos.

Para converter esta situação, deveriam aumentar os incentivos, como descontos ou isenção de impostos tanto para as edificações que utilizam os materiais sustentáveis, ou contém formas de eficiência energética hídrica, entre outros, quanto para as empresas que fabricam e transformam os elementos ecológicos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). **Relatório Pesquisa Setorial 2018/2019**. 2020.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método das ciências naturais e sociais**: pesquisa quantitativa e qualitativa. São Paulo: Pioneira, 1998.

ARAÚJO, Márcio Augusto. **A moderna construção sustentável**. 2016.

ARCOLINI, Tatiana; BARRADAS, Paula. Madeira de demolição confere estética e sustentabilidade a ambientes internos. **AECweb**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/madeira-de-demolicao-confere-estetica-e-sustentabilidade-a-ambientes-internos/7268>. Acesso em: 05 set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. 2020.

BELTRAME, E. de S. **Meio Ambiente na Construção Civil**. 2013. Disponível em: http://www.eduardo.floripa.com.br/download/Artigo_meio_ambiente.pdf. Acesso em: 14 maio 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: https://sinir.gov.br/images/sinir/Arquivos_diversos_do_portal/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf. Acesso em: 09 out. 2021.

BRITO, Luiza Teixeira de Lima; SILVA, Aderaldo de Souza; PORTO, Everaldo Rocha. Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos. **Embrapa Semi-árido, Petrolina**, cap. 1, p. 15-32. 2007

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CAIXA). **Guia Selo Casa Azul + Caixa**. v.2. 2020. Disponível em:

https://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_casa_azul/Guia_Selo_Casa_Azul_CAIXA_Junho_2020.pdf. Acesso em: 14 maio 2021.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CAIXA). **Selo Casa Azul CAIXA**. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/negocios-sustentaveis/selo-casa-azul-caixa/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 09 out. 2021.

CAMBRIDGE DICTIONARY. **Smog**. Disponível em: <https://dictionary.cambridge.org/pt/dicionario/ingles/smog>. Acesso em: 16 maio 2021.

CHONG, Wen Tong; WANG, Xiao Hang; WONG, Hok Hoe; MOJUMDER, Jewel Chandra; POH, Sin Chew; SAW, Lip Huat; LAI, Sai Hun. Performance assessment of a hybrid solar-wind-rain eco-roof system for buildings. **Energy and Buildings**, v. 127, p. 1028-1042. 2016.

CONCRESTEEL. **Concresteel** – Revestimento em micro concreto de alto desempenho. Disponível em: <https://www.concresteel.com.br/>. Acesso em: 10 out. 2021.

CONDEIXA, K. M. **Comparação entre Materiais da Construção Civil através da Avaliação do Ciclo de Vida: Sistema Drywall e Alvenaria de Vedação**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal Fluminense/UFF. Niterói, 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Brasília, DF, 2002.

CORDEIRO JÚNIOR, C. R.; SILVA, W. C. R.; SOARES, P. T. M. L. Uso da madeira na construção civil. **Projectus**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p. 79-93, 2017.

ECOGRANITO. **Tudo o que você precisa saber sobre o ecogranito**. 2019. Disponível em: <https://ecogranito.com.br/blog/tudo-sobre-ecogranito/>. Acesso em: 10 out. 2021.

EDWARDS, Brian. **O guia básico para a sustentabilidade**. 2 ed. Londres, 2005.

ELKINGTON, J. **Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development.** California Management Review v. 36, no. 2, p.90-100. California, 1994.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Certificação AQUA-HQE em detalhes.** Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-em-detalhes/>. Acesso em: 12 maio 2021.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Certificação AQUA-HQE.** Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe/>. Acesso em: 12 maio 2021.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa.** Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIANNETTI, Biagio F.; ALMEIDA, Cecília M.V.B.; BONILLA, Sílvia H. **A ecologia industrial dentro do contexto empresarial.** 2007.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; DUARTE, Denise Helena Silva. **Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino.** Ambiente Construído, v. 6, n. 4, p. 51-51. Porto Alegre, 2006.

GOOGLE EARTH. **-19.95934317,-43.91266311.** 2021. Disponível em: https://earth.google.com/web/@-19.96007652,-43.91268241,1407.34784029a,0d,35y,1.4171h,28.1580t,-0.0000r/data=ChAqDggBEgoyMDIxLTA3LTI1?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=pt-BR. Acesso em: 05 set. 2021.

GRASBASCK, Jaqueline Ramos. **Aspectos e impactos ambientais decorrentes da extração de agregado natural e produção de agregado reciclado: Estudo de caso no RS.** Universidade do Vale do Rio dos Sinos. 2016.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL).

Compreenda o GBC Brasil Zero Energy. Disponível em:

<https://www.gbcbrazil.org.br/docs/zero.pdf>. Acesso em: 12 maio 2021.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL). **Certificação Brasil GBC**

Casa. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-casa/>.

Acesso em: 12 maio 2021.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL). **Certificação Brasil GBC**

Condomínio. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-condominio/>.

Acesso em: 12 maio 2021.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL). **Certificação Brasil Zero**

Energy. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/zero-energy/>.

Acesso em: 12 maio 2021.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL). **Certificação GBC Life.**

Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/gbc-life/>. Acesso em: 12

maio 2021.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL). **Certificação LEED.**

Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>. Acesso

em: 12 maio 2021.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL). **Certificações.** Disponível

em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacoes/>. Acesso em: 12 maio 2021.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL). **Empreendimentos Casa**

& Condomínio. Disponível em:

[https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-](https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-condominio/empreendimentos/)

[condominio/empreendimentos/](https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-condominio/empreendimentos/). Acesso em: 09 out. 2021.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL). **Empreendimentos GBC**

Zero Energy. Disponível em: [https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/zero-](https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/zero-energy/empreendimentos/)

[energy/empreendimentos/](https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/zero-energy/empreendimentos/). Acesso em: 09 out. 2021.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL). **Empreendimentos LEED**. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/empreendimentos/>. Acesso em: 09 out. 2021.

HAUTE QUALITÉ ENVIRONNMENTALE (HQE). **HQE characteristics**. Disponível em: <https://www.behqe.com/cerway/specificities>. Acesso em: 12 maio 2021.

HAUTE QUALITÉ ENVIRONNMENTALE (HQE). **HQE: France's reference certification scheme**. Disponível em: <https://www.behqe.com/>. Acesso em: 12 maio 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Classificação Nacional de Atividades Econômicas**. Disponível em: <https://cnae.ibge.gov.br/?view=secao&tipo=cnae&versaosubclasse=10&versaoclasse=7&secao=F>. Acesso em: 08 maio 2021.

INSTITUTO HORIZONTE. **Telhados verdes captam água da chuva e podem ser solução para as enchentes das grandes cidades**. Disponível em: <https://www.institutohorizonti.com.br/releases/tehdados-verdes-captam-agua-da-chuva-e-podem-ser-solucao-para-as-enchentes-das-grandes-cidades/>. Acesso em: 05 set. 2021.

KIBERT, C. J. **Establishing principles and a model for sustainable construction**. XVI CIB TG 16, Sustainable Construction. Tampa, 1994.

LAMBERTS, Roberto. **A etiquetagem de Eficiência Energética em Edificações e suas vantagens**. LabEEE - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2012. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/download/wac/painel_2/lamberts_2012.pdf. Acesso em: 14 maio 2021.

LCK Comércio. **Calefação ambiente**. Disponível em: <http://www.lckcomercio.com.br/calefacao-ambiente.php>. Acesso em: 10 out. 2021.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais.** Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

MARQUES, Eliane Oliveira; BORGES, Daniela Cristina Silva. **A importância da educação ambiental na preservação do pau-brasil – *Paubrasília echinata*.** Scientia Generalis, v. 1, n. 1, p. 60-70. 2020.

MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. **Avaliação da sustentabilidade da construção: desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação da sustentabilidade de soluções construtivas.** I Congresso sobre Construção Sustentável. Leça da Palmeira, 2004.

MATOS, Liana Wermelinger de. **Análise dos métodos de redução de emissão de CO2 em uma indústria de cimento.** XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2015.

MENEZES, Mayko de Sousa; PONTES, Fernanda Veronesi Marinho; AFONSO, Júlio Carlos. Panorama dos Resíduos de Construção e Demolição. **Revista de Química Industrial**, n. 733, p. 17-21. 2011.

MORESI, Eduardo (org.). **Metodologia da pesquisa.** Universidade Católica de Brasília – UCB. Brasília, DF, 2003.

MOTA, Loyslene de Freitas; BARCELOS, Tiago Soares; MORORO, Tiago Soares; GUIMARÃES, Valmir Percival. **Construções sustentáveis, desenvolvimento econômico e a desengenharia: otimização dos recursos naturais.** Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo, v. 6, n. 2, p. 221-242, 2021.

MOURA, Mariangela de; MOTTA, Ana Lucia Torres Seroa da. O fator energia na construção civil. **IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão.** 2013.

OLIVEIRA, Talita Yasmin Mesquita de. **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE (PBH). **Certificação em Sustentabilidade Ambiental de Empreendimentos de Belo Horizonte**. Disponível em:

<http://cesa.pbh.gov.br/scsae/informativo.smma?method=abrirOquee>. Acesso em: 05 set. 2021.

PROCEL INFO. **Procel Edifica – Eficiência Energética nas Edificações**.

Disponível em:

<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>. Acesso em: 14 maio 2021.

PROCEL INFO. **Procel**. Disponível em:

<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS09BD1853PTBRIE.htm>. Acesso em: 14 maio 2021.

PROCEL INFO. **Selo Procel Edificações**. 2014. Disponível em:

<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}>. Acesso em: 06 out. 2021.

RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu.

Materiais de Construção Civil. 2 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

SHIKLOMANOV, Igor A. **World water resources: A new appraisal and assessment for the 21st century**. St Petersburg, 1998.

STACHERA JR, Theodozio. Avaliação de emissões de CO₂ na construção civil: um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro, 2008.

TIGRA, Paulo Bastos (org.). **Setor de construção civil – Segmento de edificações**. Brasília: SENAI/DN, 2005.

TORGAL, F. Pacheco; JALALI, Said. **A sustentabilidade dos materiais de construção**. 2 ed. Braga: TecMinho, 2010. 460 p.

TORGAL, F. Pacheco; JALALI, Said. **Construção sustentável**. O caso dos materiais de construção. Instituto Politécnico de Castelo Branco, Universidade do Minho. Coimbra, 2007.

UNITED NATIONS. **Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment**. 2012. Disponível em:

https://legal.un.org/avl/pdf/ha/dunche/dunche_ph_e.pdf. Acesso em: 11 maio 2021.

UNITED NATIONS. **Report of the United Nations Conference on Environment and Development** – Volume I: Resolutions Adopted by the Conference. New York, 1993. Disponível em: [https://undocs.org/en/A/CONF.151/26/Rev.1\(vol.I\)](https://undocs.org/en/A/CONF.151/26/Rev.1(vol.I)). Acesso em: 11 maio 2021.

WORLD BUILDING DESIGN GUIDE (WBDG). **Green Building Standards And Certification Systems**. 2019. Disponível em:

<https://www.wbdg.org/resources/green-building-standards-and-certification-systems>. Acesso em: 12 maio 2021.

WORLDGBC. **Our Story**. Disponível em: <https://www.worldgbc.org/our-story>. Acesso em: 12 maio 2021.

WWF. **De teoria à prática**. Sustentabilidade. Disponível em:

https://www.wwf.org.br/participe/porque_participar/sustentabilidade/#TB. Acesso em: 11 maio 2021.

YUDELSON, Jerry. **Green Building Integrated Desing**. 1 ed. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A – ARTIGO PUBLICADO PELO CADERNO DE COMUNICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS DO 5º SIMPÓSIO DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E GESTÃO – SEAG

A APLICABILIDADE DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL



ISSN: 2675-1879

A APLICABILIDADE DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

THE APPLICABILITY OF SUSTAINABLE MATERIALS IN CIVIL CONSTRUCTION IN BRAZIL

FÁBIO PEREIRA DA SILVA
FELIPE MARRIEL PEDRO
LILIANE RIBEIRO DE SOUZA
MARCONI LACERDA PIRES
TÁLITA RODRIGUES DE OLIVEIRA MARTINS

RESUMO

Com o intuito de diminuir os impactos gerados pelo aumento do consumo e do crescimento da economia pelo mundo, o desenvolvimento sustentável é um tema de extrema importância e que está sendo abordado desde a Cúpula da Terra promovido pela Organização das Nações Unidas em 1992. Dentre as esferas abordadas, tem-se a Construção Civil, que consome uma grande quantidade de recursos naturais e também gera um grande número de resíduos. Por sua vez, o setor pratica a sustentabilidade por meio de construções ecológicas e uso de materiais sustentáveis. Partindo desse princípio, esse trabalho tem o objetivo de abordar o desenvolvimento sustentável no setor, mostrando suas práticas ecológicas e certificações relacionadas ao seu produto a partir de pesquisa bibliográfica e qualitativa. Demonstra-se, portanto, que o uso de materiais ecologicamente corretos, minimiza os impactos negativos no meio ambiente, diminuindo as emissões dos gases de Efeito Estufa, do consumo de energia e água e a geração de resíduos.

Palavras-chave: Construção Civil. Meio Ambiente. Sustentabilidade. Construções Sustentáveis.

ABSTRACT

To reduce the impacts generated by the increase in consumption and economic growth around the world, sustainable development is an extremely important topic that has been addressed since the Earth Summit promoted by the United Nations in 1992. Among the areas covered, there is the Civil Construction, which consumes a large number of natural resources and also generates a large number of wastes. In turn, the sector practices sustainability through ecological buildings and the use of sustainable materials. Based on this principle, this work aims to address sustainable development in the sector, showing its ecological practices and certifications related to its product from bibliographic and qualitative research. Therefore, it is demonstrated that the use of ecologically correct materials minimizes negative impacts on the environment, reducing greenhouse gas emissions, energy and water consumption and waste generation.

Keywords: Construction. Environment. Sustainability. Sustainable Buildings.

Correspondência/Contato

FEAMIG

Rua Gastão Braulio dos Santos, 837
CEP 30510-120
Fone (31) 3372-3703
<http://www.feamig.br/revista>

Editora responsável

Raquel Ferreira de Souza
raquel.ferreira@feamig.br

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o setor da Construção Civil é fundamental para o giro da economia em todo o mundo e, além disso, é o principal responsável pelo uso de matérias primas, seja industrial ou natural, e pela geração de resíduos, o que ocasiona impactos ambientais negativos significativos.

Por este motivo, desde o evento Cúpula da Terra, realizado no Rio de Janeiro pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 1992, há uma preocupação com os impactos gerados pelo setor, ocasionando a citação do ramo na Agenda 21. O documento, em termos gerais, tem o intuito de diminuir os impactos gerados pelo aumento do consumo e do crescimento da economia pelo mundo. Na Construção Civil, as definições são focadas no gerenciamento de processos, redução de consumo de recursos naturais e qualidade ambiental dos edifícios.

Diante disto, é imensurável a necessidade da incorporação de modelos e protocolos sustentáveis no que tange a esfera da Construção Civil. Por sua vez, a prática da sustentabilidade no setor é realizada por meio das chamadas construções sustentáveis, pelo uso de materiais de construção sustentáveis e, também, pelo reaproveitamento de materiais na construção civil.

Como uma forma de verificar o desenvolvimento sustentável nas edificações existem o chamados Selos Verdes. Estas certificações são dadas por inúmeros órgãos e instituições pelo mundo e, também, no Brasil.

Logo, a partir do apresentado, este trabalho tem o intuito de abordar o desenvolvimento sustentável na Construção Civil, mostrando suas práticas ecológicas e as certificações relacionadas ao seu produto. Objetiva-se, então, a redução os impactos socioambientais relativos ao uso de matérias-primas naturais e o auxílio aos estudantes e profissionais do setor da Construção Civil que queiram trabalhar de forma sustentável em seus novos empreendimentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Construção Civil

A construção civil é um dos principais setores econômicos existentes, estando presente desde o início da humanidade. A Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) divide o setor da Construção em três dentro de sua seção (F). As divisões são: construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados para construção (IBGE, 2021).

Contudo, para fins de estudos, nesta pesquisa será abordado apenas a divisão de edificações ou construção de edifícios. Vale ressaltar, portanto, que alguns materiais são utilizáveis em todos os campos.

2.1.1 Materiais utilizados na Construção Civil

Existem diversos materiais que são utilizados na construção civil e, com base na bibliografia de RIBEIRO *et al.*, (2006), os mais utilizados são: madeira, aço, asfalto, argamassa e concreto. Para se formar este último, tem-se os aglomerantes e os agregados, como cimento, areia, brita e cal. Dentre outros materiais, tem-se ainda, os blocos e tijolos, gesso, telhas, pisos, tintas e os materiais hidráulicos e elétricos (RIBEIRO *et al.*, 2006).

Com exceção da madeira, os materiais não são naturais e sim fabricados por meio de misturas ou passam por algum processo industrial para se tornar matéria-prima. Desse modo, esses processos causam impactos ambientais negativos, alguns deles irreversíveis e outros evitáveis.

Como exemplo, o cimento é considerado um dos maiores vilões dos ambientalistas no que se diz a materiais de construção, e também um dos mais utilizados na Construção Civil. Para a produção de uma tonelada do aglomerante, é gerado em torno de 650 quilogramas de Dióxido de Carbono (CO₂), principal agente do aquecimento global (MATOS, 2015).

No mesmo contexto, tem-se a madeira, que é um dos principais insumos da Construção Civil, principalmente por suas inúmeras finalidades (CORDEIRO JÚNIOR *et al.*, 2017). Conforme os autores, se sua utilização for feita de forma acelerada e sem controle, pode causar grande danos ao meio ambiente.

Dessa maneira, cada dia mais se vê a necessidade de se trabalhar com materiais sustentáveis. Nesta mesma ideologia, a construção civil vem se inovando e trazendo a responsabilidade sustentável como conceito básico de sua prática efetiva.

2.2 Sustentabilidade e a Construção Civil

Existem várias definições para o termo desenvolvimento sustentável. Entretanto, a mais utilizada é a que surgiu na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela Organização das Nações Unidas (ONU):

Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, garantindo a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro (WWF, 2021, p.1).

Transportando para o contexto da Construção Civil, a sustentabilidade é a produção de bens com o intuito de preservar o meio ambiente de degenerações futuras, abrangendo tanto os setores industriais quanto os sociais.

A partir disto, dentre as diversas formas de ser sustentável no setor da Construção Civil, tem-se a construção de edifícios sustentáveis, a utilização de materiais sustentáveis e o reaproveitamento de materiais, práticas que serão apresentadas nos tópicos seguintes

2.3 Construções sustentáveis

Segundo Yudelson (2013, p.19), “edificação sustentável é aquela que considera seu impacto sobre a saúde ambiental e humana e, então, o diminui”. De acordo com o autor, estas construções consomem uma quantidade menor de energia e água em relação a uma edificação convencional, tem menos impacto sobre o terreno em que se encontra e, geralmente, maior qualidade do ar em seu interior. Yudelson (2013) ainda coloca que os materiais de construção utilizados, os móveis e acessórios presentes nas edificações têm influência para ela se tornar uma construção sustentável.

Complementado os dizeres, Mateus e Bragança (2004) apresenta um quadro com as variáveis que podem ser consideradas na avaliação da sustentabilidade da construção, como mostra Quadro 1.

Quadro 1 - Variáveis consideráveis na avaliação de uma construção sustentável.

Indicadores		
Ambiental	Funcional	Econômico
Potencial de aquecimento global	Isolamento sonoro a sons de condução aérea	Valor econômico
Energia primária incorporada	Isolamento sonoro a sons de percussão	Custo de manutenção
Conteúdo reciclado	Isolamento térmico	Custo de reabilitação
Potencial de reciclagem	Durabilidade	Custo desmantelamento/demolição
Reservas remanescentes de matéria prima	Comportamento ao fogo	Valor residual
quantidade de matéria/recursos naturais utilizados	Flexibilidade de utilização	Custo de tratamento para devolução ao ambiente natural

Fonte: MATEUS; BRAGANÇA (2004), adaptado.

Por sua vez, corroborando as definições apresentadas e com o Quadro 1, Kibert (1994) diz que uma construção sustentável deve apresentar alguns princípios como: minimização do consumo de recursos; maximização da reutilização dos recursos; utilização de recursos renováveis e recicláveis; proteção do ambiente natural; criação de um ambiente saudável e não tóxico e fomentação da qualidade ao criar o ambiente construído.

Araújo (2016) afirma que existem dois modelos de construções sustentáveis: construções coordenadas por profissionais da área, que utilizam de ecoprodutos e tecnologias sustentáveis modernas, fabricados em escala, dentro das normas e padrões vigentes para o

mercado, bem como sistemas de autoconstrução, feitos pelo próprio usuário ou interessado. Araújo (2016) ainda apresenta 5 tipos de construções sustentáveis, que são:

- Construção com materiais sustentáveis industriais: edificadas com ecoprodutos fabricados industrialmente, com tecnologia em escala, atendendo às normas e legislações;
- Construção com resíduos não reprocessados: edificadas com resíduos de origem urbana confins construtivos, tais como, garrafas PET, latas, cones de papel, entre outros;
- Construção com materiais de reuso: edificação que incorpora produtos convencionais descartados que seriam destinados a aterros sanitários ou outros tipos de descarte;
- Construção alternativa: edificação que utiliza materiais convencionais disponíveis no mercado, porém com funções diferentes das originais;
- Construção natural: sistema construtivo que integra a edificação com o ambiente natural a modificando o mínimo possível. Respeita o entorno e utiliza materiais disponíveis no local da obra ou adjacências, tais como, terra, madeira, pedra, entre outros.

2.4 Materiais de construção sustentáveis

De acordo com Torgal e Jalali (2010), existem algumas questões que devem ser consideradas no contexto da sustentabilidade dos materiais de construção. Dentre esses parâmetros, de acordo com os autores, deve-se priorizar os materiais não tóxicos, com baixa energia incorporada, recicláveis, que permitam o reaproveitamento de resíduos de outras indústrias, provenientes de fontes renováveis, que estejam associados à baixas emissões de gases de efeito estufa, duráveis e de ciclo de vida longo.

Torgal e Jalali, em sua bibliografia de 2007, apresentam que existe uma metodologia designada para avaliar a sustentabilidade de material de construção. Os critérios, definidos pelo programa Building for Environmental and Economic Sustainability (BEES) produzido pela U.S. Environmental Protection Agency (Agência Estadunidense de Proteção ao Meio Ambiente), são: potencial de aquecimento global; potencial de acidificação; potencial de eutrofização; consumo de combustíveis fósseis; qualidade do ar; alteração de habitat; consumo de água; poluição do ar; saúde pública; potencial de formação de *smog* – mistura de fumaça, gases e produtos químicos que torna a atmosfera irrespirável e prejudicial à saúde; potencial de degradação da camada de ozônio e toxicidade ecológica.

Oliveira (2015) ainda adiciona que existem três critérios para isso escolha dos materiais sustentáveis, que são: sociais, econômicos e ambientais. O primeiro é relacionado aos envolvidos na extração de recursos, produção, comercialização e fim do ciclo de vida dos materiais, como operários, funcionários e empresas; já o segundo é relacionada ao valor financeiro dos materiais, da construção, da operação, da manutenção e possível demolição; por fim, o terceiro relacionado ao meio ambiente, se dividindo em outros nove parâmetros: utilização de recursos naturais, grau poluente e toxicidade, energia incorporada, emissão de CO₂, análise do ciclo de vida, conteúdo reciclado, reutilização e reciclagem e durabilidade.

Existem materiais com princípios sustentáveis que vão desde os primários – os utilizados para a construção – até os de decoração. Relacionado a primeira classe, pode-se citar: concreto reciclado; tijolos ecológicos; blocos de adobe; isolantes de jeans, jornal, papelão, lã mineral e lã de garrafas de Politereftalato de etileno (PET); madeira de demolição e bambu. Já relativo aos de revestimentos, cita-se as argila e fibras, tintas ecológicas, pinturas com cal, ecogranito e terrazzo, revestimento de poliuretano (PU) reciclado, lâmpadas de Light Emitting Diode (LED), bambu, ecotelhado e telhado verde. Dentre os outros componentes sustentáveis relativos a Construção Civil, tem-se os bioplásticos; vernizes e solventes ecológicos; painéis fotovoltaicos; vidro com proteção solar; manta reciclada.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa se encaixa no grupo de pesquisas aplicada e descritiva de natureza qualitativa. Descreve-se que este estudo foi realizado por meio de observação em equipe, a partir de uma pesquisa inicial sobre construções sustentáveis, por meio de pesquisas bibliográficas e documentais em arquivos relacionados ao tema. Já análise de dados, desenvolveu-se na comparação dos dados obtidos nestas coletas de dados, buscando levantar informações para abordar a necessidade da sustentabilidade na Construção Civil, os principais materiais alternativos e a certificações relacionadas as edificações ecológicas no Brasil. A limitação encontrada para o desenvolvimento deste trabalho foi a falta de bibliografia que defina os materiais comuns e os materiais sustentáveis, e que contenha dados suficientes para a comparação entre eles em termos de sustentabilidade.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 Necessidade da sustentabilidade na Construção Civil

A Construção Civil é considerada um dos maiores utilizadores de materiais e matérias-primas dentre todas os setores, ocasionando diversos impactos ambientais negativos. Por outro lado, tem-se o crescimento excessivo e descontrolado da população mundial, o

que acarreta o aumento de construções e objetos de infraestrutura e, portanto, no consumo de bens e insumos relacionados ao setor.

Dentre as cargas ambientais relativas à construção pode-se citar o alto consumo de água, energia e madeira, a grande geração de resíduos e alta liberação de gás carbônico (CO₂).

A água é um dos principais insumos da Construção Civil, sendo este setor a principal atividade humana que a consome, chegando em até 34% do uso no mundo (OLIVEIRA, 2015 *apud* BELTRAME, 2013). O recurso natural é utilizado desde a produção das matérias-primas – como no concreto, por exemplo – até na execução das obras. Vale ressaltar que a água também é consumida durante o uso das edificações, aumentando gradativamente a porcentagem apresentada se considerado tal fato.

Destaca-se também, que a água majoritariamente utilizada para todas as fases é a doce, que está disponível apenas em 2,5% da totalidade do recurso no mundo – os outros 97,5% são de água salgada (SHIKLOMANOV, 1998). Dessa pequena parcela, conforme Brito *et al.* (2007) 68,9% estão em geleiras; 29,9% em águas subterrâneas; 0,9% em solos, pântanos e geleiras; e 0,3% em rios e lagos.

No caso da energia, de acordo com Oliveira (2015) *apud* Beltrame (2013), a Construção Civil é responsável por 50% do uso total do recurso. A utilização do insumo em si não é impactante no âmbito ambiental. Entretanto, dependendo da forma que a sua produção é realizada, pode-se gerar impactos irreversíveis ao planeta, assim como apresentado por Moura e Motta (2013):

Na modernidade, as fontes de energias renováveis foram substituídas por energias fósseis, não renováveis, porém mais eficientes e flexíveis em suas utilizações, destacando-se o petróleo entre elas. E frente ao progressivo aumento da demanda por energia, a matriz energética mundial configurou-se como baseada nesses combustíveis – a matriz brasileira, inclusive, apesar de hoje ostentar forte base hidráulica e de biomassa. Com a matriz baseada em combustíveis fósseis, os atuais padrões de produção e consumo de energia impactam negativamente sobre o meio ambiente, gerando poluição, modificação de ecossistemas e emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera, conflitando com o conceito de sustentabilidade, uma exigência contemporânea. (MOURA; MOTTA, 2013, p.2).

Assim como a água, a energia está presente em todas as fases da edificação, desde seu projeto até o fim de sua vida útil, passando, principalmente, por seu uso.

Se tratando da utilização da madeira na Construção Civil, esta tem dois lados opostos. O material é um dos principais insumos para a construção parcial ou total das edificações, assim como para a sua decoração, sendo responsável pelo consumo de 66% de toda a madeira extraída no mundo, o que pode gerar grandes impactos ambientais negativos caso não utilizados madeiras de proveniência legais (OLIVEIRA, 2015 *apud* BELTRAME, 2013). Contudo, existe uma saída para tal problema, que é a utilização de madeiras deriva-

das do reflorestamento, sendo este uma das formas mais utilizadas de sustentabilidade no setor.

No caso dos resíduos, ainda conforme Oliveira (2015) – que cita Beltrame (2013) –, a Construção Civil é responsável pela produção de até 40% do total, sendo estes chamados de Resíduos de Construção Civil (RCC) e Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Conforme o Plano Nacional de Resíduos Sólidos de 2012, é produzido anualmente em torno de 500 kg de entulho por habitante. Contudo, de acordo com o Panorama Nacional de Resíduos Sólidos de 2020, apenas 213,5 kg são coletados por habitante por ano, restando ainda quase 60% do resíduo.

Todavia, da mesma maneira que a madeira tem sua solução no âmbito sustentável dos edifícios, os resíduos também podem ser uma forma de transformar as construções em edificações sustentáveis. Muitos dos materiais e resíduos podem ser reaproveitados se houver um procedimento de separação de seus componentes. Entretanto, de acordo com o Relatório de Pesquisa Setorial da Associação Brasileira para reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2020), no país, apenas 21% de todo o RCC e RCD coletado são reciclados, restando uma grande quantidade, que são dispostas muitas vezes irregularmente.

Por fim, tem-se a produção de gás carbônico, sendo a Construção Civil um dos principais setores que emitem o poluente, que é o principal gás responsável pelo aquecimento global – o Efeito Estufa. Com base no estudo divulgado por Stachera Jr (2008), os processos de produção/obtenção dos materiais com maior produção de gases de efeito estufa são o cimento, cal, aço, areia, brita e cerâmica vermelha, além do transporte desses.

Logo, a busca pela substituição dos materiais e pela mudança na forma de sua produção, visando a diminuição da liberação dos gases de Efeito Estufa, do consumo de energia e água, e da geração de resíduos, são importantes formas de buscar a sustentabilidade da Construção Civil, reduzindo os impactos ambientais causados pelas edificações.

4.2 Principais materiais de construção sustentáveis

Uma das formas de redução dos impactos ambientais negativos dentro do setor da Construção Civil, tem-se os materiais de construção sustentáveis ou ecológicos. Diversos são os parâmetros utilizados para se avaliar se um material é ecologicamente correto, sendo variáveis a cada definição divulgada. Contudo, existe um consenso no ramo a engenharia sobre os critérios que devem ser priorizados para considerar um insumo sustentável.

Torgal e Jalali (2007; 2010) apresenta tais parâmetros, sendo eles: não ser tóxico, ter baixa energia incorporada, ser reciclável e ser proveniente de fontes renováveis, ter baixa emissão de gases de efeito estufa, ser durável com longo ciclo de vida. É válido ressaltar

que não é necessário atender todos os critérios, porém deve priorizar aqueles que tem o maior número de características sustentáveis.

O principal material de construção sustentável, e o mais utilizado, é a madeira de demolição. Podendo estar presente em todas as fases de uma construção, o elemento é proveniente do garimpo de madeiras nobres retiradas de antigas construções como antigos casarões, fábricas, fazendas, ferrovias, galpões e tulhas. A matéria-prima pode ser utilizada tanto como formas e equipamentos de proteção, quanto em estruturas nas construções, como pilares, piso e deques. Contudo, é empregue, principalmente, em portas, janelas, mesas, cadeiras e outros móveis.

Análogo as madeiras de demolição, tem-se as de reflorestamento. Tal tipo é utilizado para suprir as necessidades da utilização de madeira no setor da Construção Civil e tem como principal intuito a preservação de florestas nativas. A matéria-prima provem principalmente do pinus e do eucalipto e, assim como as que são reutilizadas, podem ser empregues em qualquer fase de uma edificação.

Relativos a principal forma de cobertura sustentável de uma construção, tem-se os ecotelhados, sendo que o mais utilizado é o telhado verde. O elemento visa uma maior integração entre edificação e paisagismo a partir do cultivo de plantas rasas sobre os telhados em vez da utilização de cerâmica, aço ou outros materiais duros. O ecotelhado ameniza ilhas de calor, propiciam conforto térmico e acústico e são de fácil manutenção. Pode ser utilizado, também, como ferramenta para reserva de água para reaproveitamento. Os telhados verdes são divididos em 7 camadas: telhado, membrana à prova d'água, barreira contra raízes, sistema de drenagem, tecido permeável, terra e vegetação.

Um dos principais componentes do setor da Construção Civil, assim como outros ramos, são as lâmpadas. Sua versão mais ecológica é o Light Emitting Diode, o Diodo Emissor da Luz, ou simplesmente, o LED. O componente eletrônico, inventado pelo engenheiro estadunidense Nick Holonyac, tem processo diferente das lâmpadas convencionais, não exalando gases, não emitindo raios ultravioletas e infravermelho, e sem consumo de filamentos metálicos. A vida útil do LED pode chegar a 50 mil horas, tendo baixo custo e grande eficiência.

Como alternativa sustentável de revestimento das edificações, pode-se citar as tintas, vernizes e solventes ecológicos, ecogranito, revestimentos de poliuretano (PU) e argilas e fibras.

Diferentes das convencionais, que contém Compostos Orgânicos Voláteis (COV), as tintas sustentáveis não contém tóxicos, metais pesados e solventes, sendo derivados de

plantas, vegetais e água. As tintas ecológicas resultam em resinas acrílicas de alta qualidade e baixo odor.

Os vernizes e solventes ecológicos tem o mesmo resultado que os normais, porém a biodegradação ocorre em 28 dias, contém um índice quase nulo de tóxicos e possui pouco odor, além de ser mais acessível financeiramente.

Os ecogranitos têm como composição os resíduos gerados a partir da extração de granitos e mármore, resina acrílica, coalescentes, espessantes, microbicidas não-metálicos e pigmentação inerte. O revestimento é considerado mais resistente às intempéries ambientais e contém um valor mais baixo que os tradicionais.

Por sua vez, o poliuretano é um material plástico amplamente utilizado na indústria como revestimento de parede, piso antiderrapante, telhas, tanques e lajes, substituindo vernizes, borracha e outros componentes. O acabamento de PU tem alta resistência a corrosão, óleos e cortes, além de ter variedade de textura; contém flexibilidade, isolamento acústico, isolamento térmico, resistência à brasão, elasticidade ao choque, capacidade de suportar carga e resistência dielétrica, resultando em economias com materiais de proteção e, também, energia elétrica.

Ainda, tem os materiais pouco conhecidos e acessíveis no Brasil. Destes, citam-se os pisos de massa térmica, os pisos de concresteel e os telhados inteligentes.

Os pisos de massa térmica se referem aos pisos que contém um sistema de aquecimento automatizado elétrico ou hidráulico, mantendo o ambiente em uma temperatura. Já os pisos de concresteel são pisos cimentícios de área externa que contém alta resistência e proporcionam conforto termoacústico. São constituídos por cerâmica, vidro e outros compostos que seriam descartados, e sua instalação não gera resíduos.

Já os telhados inteligentes, ainda pouco disponível no mundo todo, são similares aos pisos de massa térmica, sendo um tipo de cobertura que age como um termômetro, ajustando o ambiente conforme a temperatura almejada, tendo recursos para refletir a luz solar quando quente, e absorver mais calor quando mais frio, melhorando seu conforto e diminuindo eventuais gastos com aquecimento. Existem inúmeras variações dessas coberturas, com tecnologias e materiais diferentes. Destas, destaca-se a versão do professor malásio Wen Tong Chong. A estrutura, além de promover o conforto térmico, produz energia por meio de placas fotovoltaicas e turbinas eólicas instaladas no coletor de ventos em formato de "V". Ainda, se tem as claraboias transparentes, que iluminam o interior da construção, reduzindo a necessidade de iluminação artificial, e um coletor de água de chuva conectado a um sistema automatizado de resfriamento e limpeza que lava as células solares embutidas no telhado. Conforme o autor do projeto, o exemplar estudado gerou 21,20 quilowatts (kWh)

de energia, suficiente para suprir uma família de 6 integrantes, movimentou 217 milhões de metros cúbicos de ar anuais com o sistema de ventilação, reduziu a emissão de CO₂ em 17768 kg e coletou 525 metros cúbicos de água de chuva (CHONG *et al.*, 2016).

Ressalta-se que existem diversos outros materiais, componentes e revestimentos ecológicos, além de formas de ser sustentável, na Construção Civil, com inúmeras vantagens, principalmente no âmbito ambiental. Desses, podem ser citados o uso de aquecedores e painéis de energia solar, vidros com proteção solar, jardins verticais e posicionamento correto de geladeiras como formas de diminuir o gasto com energia e a reutilização de água pluvial para economia dos recursos hídricos.

4.3 Principais certificações relacionadas a construções sustentáveis no Brasil

Como forma de incentivo para o uso de elementos sustentáveis na Construção Civil, foram criadas certificações. No Brasil, os principais selos considerados são o Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), Procel Edifica e Casa Azul.

Considerado a principal certificação sustentável no mundo, o LEED foi criado pela Green Building Council (GBC), um conselho formado por oito países, inclusive o Brasil. No país, o GBC promove desde 2007 cinco ferramentas diferentes: LEED, GBC Casa e Condomínio, Life e Zero Energy. Os selos são dados conforme pontuações, variáveis em cada categoria, dividindo-se nos níveis Certificado, Silver, Gold e Platinum.

No Brasil, com o intuito de incentivar a conservação e uso eficiente dos recursos naturais, foi criado pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o Selo Procel, focado na eficiência energética das edificações. A etiqueta, entregue pelo projeto Procel Edifica, trabalha seis campos: capacitação, tecnologia, disseminação, regulamentação, habitação e eficiência energética e planejamento.

Ainda no país, tem-se o Selo Casa Azul. Criado em 2009, pela Caixa Econômica Federal, a certificação é voltado para a classificação do índice de sustentabilidade de projetos habitacionais. O selo pode ser obtido por construtora, incorporadora, poder público, empresas públicas de habitação, cooperativas, associações e entidades organizadoras sem fins lucrativos. Os níveis desta certificação são Bronze, Prata, Ouro e Diamante, entregues conforme pontuação alcançada nos 49 critérios de avaliação.

Vale destacar também, o Selo BH Sustentável, criado pelo Conselho Municipal do Meio Ambiente (COMAM) da Prefeitura de Belo Horizonte. A certificação, instituída pela Portaria nº 06 de 2012, dentro do Programa de Certificação em Sustentabilidade Ambiental, é

destinada aos empreendimentos públicos e privados, residenciais, comerciais e/ou industriais, que adotarem medidas que contribuam para a redução do consumo de água, de energia, das emissões atmosféricas e da geração de resíduos sólidos, além

A APLICABILIDADE DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

de alternativas de reciclagem e de reaproveitamento dos resíduos gerados (PBH, 2021, p.1).

Pode-se citar como exemplo desta certificação, o prédio do Instituto Orizonti, que seguiu os parâmetros necessários para receber o selo, que são redução do consumo de água, de energia, das emissões atmosféricas e da geração de resíduos sólidos, além de alternativas de reciclagem e de reaproveitamento dos resíduos gerados. O selo divide-se nos níveis Bronze, Prata e Ouro e tem, ainda, um Certificado de Boas Práticas Ambientais (CESA), para aqueles empreendimentos que implementarem medidas de sustentabilidade, mas não alcançarem os índices mínimos estabelecidos para a certificação, em cada área temática.

Relacionado as três primeiras certificações citadas, a Tabela 1 descreve a quantidade de empreendimentos que receberam os selos.

Tabela 1 - Certificados distribuídos no Brasil.

Selo	Nível	Quantidade
GBC LEED	Certificado	150+1
	Silver	224+2
	Gold	295+2
	Platinum	65
	Registrados	942
	Recusados	4
	Projeto	7
GBC Casa e Condomínio	Verde	1
	Prata	5
	Ouro	12
	Platina	3
	Registrados	79
GBC Zero Energy	Certificados	20
	Registrados	33
Procel Edifica	-	66
Caixa Casa Azul	Bronze	5
	Prata	24
	Ouro	37
	Diamante	3

Fonte: CAIXA (2021); GBC BRASIL (2021a; 2021b; 2021c); PROCEL INFO (2014), adaptado.

A Tabela 1 mostra os dados relacionados a quantidade de empreendimentos com os selos apresentados. O GBC já certificou: 739 no selo LEED (sendo que 5 estão na fase de pré-certificação); 28 no Casa e Condomínio e 20 no Zero Energy. Além disso, outros 1054 empreendimentos estão registrados, e 4 foram recusados. No caso do Procel Edifica, foram certificadas 5 residências e 27 edifícios não residenciais na etapa de projeto, e mais 34 edi-

fícios construídos. Por fim, divididos nos 4 níveis, o Selo Caixa Azul certificou 69 construções no Brasil.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sustentabilidade é um tópico cada vez mais importante no dia a dia, impactando principalmente na saúde do Planeta Terra e de seus habitantes. Não obstante, no ramo da Engenharia Civil, o desenvolvimento sustentável tem ocupado gradativamente mais espaço nas discussões e projetos relacionados ao setor.

O ramo da Construção Civil é um dos que mais geram resíduos e, também, mais consomem matérias-primas e bens não renováveis no país e no mundo. Desta forma, observa-se uma necessidade de envolver a sustentabilidade no setor, o que contribui para a diminuição do impacto ambiental e, ainda, gera economia.

Uma das principais formas de minimização desses impactos, é a substituição dos materiais por elementos sustentáveis. Estes são conhecidos por visarem a diminuição dos gases de Efeito Estufa, do consumo de energia e água e geração de resíduos. Alguns, ainda, são provenientes de materiais reciclados, o que rebaixa os impactos negativos gerados no meio ambiente.

Para incentivar o uso de tais elementos, criaram-se as certificações sustentáveis. Focados no Desenvolvimento Sustentável, os selos vão de níveis municipais até mundiais. Entretanto, os incentivos ainda são pouco consideráveis se relacionar aos valores mais altos dos materiais ecologicamente corretos.

Para converter esta situação, deveriam aumentar os incentivos, como descontos ou isenção de impostos tanto para as edificações que utilizam os materiais sustentáveis, ou contém formas de eficiência energética hídrica, entre outros, quanto para as empresas que fabricam e transformam os elementos ecológicos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). **Relatório Pesquisa Setorial 2018/2019**. 2020.

ARAÚJO, Márcio Augusto. **A moderna construção sustentável**. 2016.

BELTRAME, E. de S. **Meio Ambiente na Construção Civil**. 2013. Disponível em: http://www.eduardo.floripa.com.br/download/Artigo_meio_ambiente.pdf. Acesso em: 14 maio 2021.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CAIXA). **Selo Casa Azul CAIXA**. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/negocios-sustentaveis/selo-casa-azul-caixa/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 09 out. 2021.

A APLICABILIDADE DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

CHONG, Wen Tong; WANG, Xiao Hang; WONG, Hok Hoe; MOJUMDER, Juwel Chandra; POH, Sin Chew; SAW, Lip Huat; LAI, Sai Hun. Performance assessment of a hybrid solar-wind-rain eco-roof system for buildings. **Energy and Buildings**, v. 127, p. 1028-1042. 2016.

CORDEIRO JÚNIOR, C. R.; SILVA, W. C. R.; SOARES, P. T. M. L. Uso da madeira na construção civil. **Projectus**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p. 79-93, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Classificação Nacional de Atividades Econômicas**. Disponível em: <https://cnae.ibge.gov.br/?view=secao&tipo=cnae&versao=10&versao=7&sec=ao=F>. Acesso em: 08 maio 2021.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL). **Empreendimentos Casa & Condomínio**. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-condominio/empreendimentos/>. Acesso em: 09 out. 2021.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL). **Empreendimentos GBC Zero Energy**. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/zero-energy/empreendimentos/>. Acesso em: 09 out. 2021.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL). **Empreendimentos LEED**. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/empreendimentos/>. Acesso em: 09 out. 2021.

KIBERT, C. J. **Establishing principles and a model for sustainable construction**. XVI CIB TG 16, Sustainable Construction. Tampa, 1994.

MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. **Avaliação da sustentabilidade da construção**: desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação da sustentabilidade de soluções construtivas. I Congresso sobre Construção Sustentável. Leça da Palmeira, 2004.

MATOS, Liana Wermelinger de. **Análise dos métodos de redução de emissão de CO2 em uma indústria de cimento**. XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2015.

MOURA, Mariangela de; MOTTA, Ana Lucia Torres Seroa da. O fator energia na construção civil. **IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. 2013.

OLIVEIRA, Talita Yasmin Mesquita de. **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE (PBH). **Certificação em Sustentabilidade Ambiental de Empreendimentos de Belo Horizonte**. Disponível em: <http://cesa.pbh.gov.br/scsae/informativo.smma?method=abrirOquee>. Acesso em: 05 set. 2021.

PROCEL INFO. **Selo Procel Edificações**. 2014. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}>. Acesso em: 06 out. 2021.

RIBEIRO, Carmen Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de Construção Civil**. 2 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

A APLICABILIDADE DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

SHIKLOMANOV, Igor A. **World water resources**: A new appraisal and assessment for the 21st century. St Petersburg, 1998.

STACHERA JR, Theodozio. Avaliação de emissões de CO2 na construção civil: um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2008.

TORGAL, F. Pacheco; JALALI, Said. **A sustentabilidade dos materiais de construção**. 2 ed. Braga: TecMinho, 2010. 460 p.

TORGAL, F. Pacheco; JALALI, Said. **Construção sustentável**. O caso dos materiais de construção. Instituto Politécnico de Castelo Branco, Universidade do Minho. Coimbra, 2007.

WWF. **De teoria à prática**. Sustentabilidade. Disponível em:
https://www.wwf.org.br/participe/porque_participar/sustentabilidade/#TB. Acesso em: 11 maio 2021.

YUDELSON, Jerry. **Green Building Integrated Desing**. 1 ed. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2013.