

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

GEOVANI DUMMER

**CONTRIBUIÇÃO PARA A DISCUSSÃO SOBRE
SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Porto Alegre

2024

GEOVANI DUMMER

**CONTRIBUIÇÃO PARA A DISCUSSÃO SOBRE
SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Tregnago Pagnussat

Porto Alegre

2024

CONTRIBUIÇÃO PARA DISCUSSÃO SOBRE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, fevereiro de 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Daniel Tregnago Pagnussat

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof./a Laís Zucchetti (UFRGS)

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof./a Fernanda Lamego Guerra (UFRGS)

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Verônica e Cesar Dummer, que me
apoiaram durante esta etapa
importante para minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha família, em especial aos meus pais, Verônica e Cesar Dummer, que me apoiaram durante esta etapa importante para minha vida. À minha mãe, por toda a consideração e toda a dedicação, colaborando durante esta jornada.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por proporcionar estudo gratuito de qualidade.

Ao meu orientador, Daniel Tregnago Pagnussat, pelas orientações que me permitiram o desenvolvimento deste estudo e pela disposição em apoiar a realização deste trabalho.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por dividirem conhecimentos e experiências.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão desta etapa.

Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.

Isaac Newton

RESUMO

A construção civil é um setor que gera grandes impactos ambientais e sociais. Nas últimas décadas, diversas práticas têm sido adotadas para que as edificações tenham melhor integração com o ambiente em que estão inseridas. Assim, a sustentabilidade na construção civil visa a mitigar os impactos ambientais nas três principais etapas de uma edificação: projeto, execução e manutenção. Este Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo contribuir para a discussão sobre a sustentabilidade na construção civil a partir de uma revisão bibliográfica e discussão sobre sustentabilidade na construção civil com a finalidade de identificar boas práticas relacionadas ao tema. O estudo mostra que é necessário um detalhamento do que pode ser feito em cada fase da obra, demonstrando aspectos e impactos ambientais e o modo como devem ser trabalhados para que um empreendimento seja, de fato, uma edificação sustentável. Outro tema abordado no campo da sustentabilidade na construção civil é o sistema de certificações. No Brasil, destacam-se quatro certificações ligadas à construção sustentável: LEED, AQUA, PROCEL e SELO CASA AZUL CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. As certificações ambientais são meios de avaliar e reconhecer níveis de sustentabilidade na construção. A construção de edificações com práticas sustentáveis é uma opção para resgatar a harmonia entre o meio ambiente natural e urbano, bem como um alerta para a necessidade de preservarem-se os recursos naturais, para que sejam utilizados hoje e, que esteja garantida sua disponibilidade às gerações futuras. Além disso, o conhecimento das tecnologias citadas neste estudo servirá para contribuir com a disseminação do conhecimento em relação ao tema.

Palavras-chave: sustentabilidade na construção civil; materiais sustentáveis; sustentabilidade.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABVE	Associação Brasileira do Veículo Elétrico
ADASA	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
GBC	<i>Green Building Council</i>
CBCS	Conselho de Construção Sustentável
CIB	Conselho Internacional da Construção
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
HQE	<i>Haute Qualité Environnementale</i>
IC	Ilha de Calor
LCA	Avaliação de Ciclo de Vida (<i>Life Cycle Avaluation</i>)
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NET-ZERO	Zero Emissões Líquidas de Carbono
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PROCEL	Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética
RCC	Resíduo de Construção Civil
RCD	Resíduo de Construção e Demolição
WGBC	<i>World Green Building Council</i>
WRI	<i>World Resources Institute</i>
WWFN	<i>Worldwide Fund for Nature</i>
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Selos da certificação LEED.....	17
Figura 2: Selo da certificação AQUA.....	18
Figura 3: Selo de certificação Procel Edifica.....	18
Figura 4: Selo de certificação Casa Azul Caixa.....	19
Figura 5: exemplo de painéis EPS.....	22
Figura 6: exemplo de Drywall.....	22
Figura 7: <i>Steel frame</i>	23
Figura 8: Wood frame.....	24
Figura 9: Sistema de reutilização de águas residuais.....	26
Figura 10: Sistema de reutilização de águas pluviais.....	27
Figura 11: Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC).....	30
Figura 12: Blocos de concreto com raspas de pneu.....	32
Figura 13: Tijolo ecológico feito a partir de bactérias.....	33
Figura 14: Tijolo sustentável feito a partir de garrafas descartáveis (PET).....	34
Figura 15: Tijolo ecológico composto por 70% de cinzas, comparado ao tijolo de cerâmica.....	35
Figura 16: Telha de embalagens do tipo longa vida.....	36
Figura 17: Telha de tubo de pasta de dentes.....	36
Figura 18: Telha de garrafa PET.....	37
Figura 19: Lã de PET.....	38
Figura 20: Telhado verde.....	39
Figura 21: Placas de energia solar.....	41
Figura 22: Funcionamento dos sensores de presença.....	42
Figura 23: Ilha de Calor Urbana.....	44
Figura 24: Crédito de carbono.....	46
Figura 25: Estrutura básica do paradigma atual.....	55
Figura 26: Estrutura básica do novo paradigma.....	56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivo Geral	13
1.1.2 Objetivos Específicos	13
1.2 METODOLOGIA.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	15
2.2 BOAS PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE PARA EDIFICAÇÕES	19
2.2.1 Projeto.....	20
2.2.2 Sistemas construtivos.....	21
2.2.2.3 <i>Steel frame</i>	23
2.2.2.4 <i>Wood frame</i>	23
2.2.3 Uso e operação	24
2.2.3.1 Reaproveitamento de água	25
2.2.3.2 Captação de águas pluviais	27
2.3 BOAS PRÁTICAS NO ÂMBITO DE MATERIAIS E COMPONENTES.....	27
2.3.1 Resíduos da construção civil.....	28
2.3.2 Materiais sustentáveis	30
2.3.2.1 Madeira	30
2.3.2.2 Concreto.....	31
2.3.2.3 Blocos de concreto com raspas de pneus.....	32
2.3.2.4 Tijolo sustentável.....	33
2.3.2.5 Telhas recicladas	35
2.3.2.6 Lã de PET	37
2.3.2.7 Telhado verde	38
2.3.2.8 Uso de energia solar	40
2.3.2.9 Eficiência Elétrica	42
2.4 BOAS PRÁTICAS NO ÂMBITO URBANO	43
2.4.1 Ilhas de calor/eficiência energética	44
2.5 CRÉDITOS DE CARBONO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	45
2.6 DIMINUIÇÃO DE CO ₂ POR TRANSPORTE	46

3 PERSPECTIVAS DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE	48
3.1 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA.....	48
3.2 GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	50
3.3 BAIRROS E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS.....	52
3.4 MUDANÇA DE PARADIGMA – MODELO DE AZAMBUJA	54
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

Diante dos desafios do aquecimento global, torna-se necessário o cuidado com a sustentabilidade em todas as áreas da sociedade. A construção civil é um setor que gera grandes impactos ambientais, sociais e econômicos. Nas últimas décadas, diversas práticas têm sido adotadas para que as edificações tenham uma melhor integração com o ambiente em que estão inseridas.

A sustentabilidade na construção civil visa a mitigar os impactos ambientais nas três principais etapas de uma edificação: projeto, execução e manutenção. Diante disso, o objetivo deste estudo é contribuir com a discussão sobre sustentabilidade na construção civil.

O termo “desenvolvimento sustentável” surgiu na Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD), também conhecida por Comissão de Brundtland. O título provém do nome da então primeira ministra da Noruega, que chefiou a comissão. Essa comissão elaborou o relatório "Our Common Future" após três anos de pesquisa. O documento aborda questões como o manejo da terra, ocupação, fornecimento de água, habitação, serviços sociais, educacionais e sanitários, além da gestão do crescimento urbano.¹ De acordo com Barbosa (2008), a sustentabilidade não busca interromper o desenvolvimento, mas representa uma nova abordagem que procura promover o crescimento econômico sem prejudicar o meio ambiente. Esse conceito foi formalizado no documento "Agenda 21", elaborado durante a Conferência Rio 92 ou Comissão Mundial para o Meio Ambiente de 92, e foi integrado em várias outras agendas globais de desenvolvimento e direitos humanos.

Desenvolver edificações de forma sustentável emerge como uma abordagem essencial para aprimorar a qualidade de vida daqueles que as utilizarão. Essa meta pode ser atingida por meio da diminuição do consumo de energia não renovável e água, da eficaz gestão de resíduos sólidos, e do

¹ Relatório Brundtland – Nosso Futuro Comum. **Instituto Eco Brasil**, c2024. Disponível em: http://www.ecobrasil.eco.br/site_content/30-categoria-conceitos/1003-nosso-futuro-comum-relatorio-brundtland. Acesso em: 23 fev 2024.

adequado manejo de lixo e esgoto.

No que diz respeito ao custo de um projeto de edificação sustentável, Pinheiro (2003) argumenta que a relação entre custo e eficiência não demonstra resultados negativos considerando a escolha correta de estratégias. Em outras palavras, a construção de um sistema sustentável, a integração de materiais e a promoção de mudanças comportamentais podem resultar em um custo final potencialmente inferior quando comparado aos projetos tradicionais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é contribuir para a discussão sobre sustentabilidade na construção civil a partir de uma discussão fundamentada na bibliografia disponível.

1.1.2 Objetivos Específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

- a) promover a discussão sobre construção sustentável, tanto na escala urbana como na dos edifícios;
- b) apresentar algumas alternativas de materiais sustentáveis empregados em edificações;
- c) contribuir para a disseminação do conhecimento em relação ao tema, no âmbito da engenharia civil.

1.2 METODOLOGIA

A metodologia empregada no desenvolvimento deste estudo sustenta-se em uma Revisão de Literatura sobre sustentabilidade na construção civil, com a finalidade de identificar boas práticas e aquisição de embasamento teórico para discussão de alternativas visando às posturas dos diferentes agentes sobre o tema.

Este estudo também se caracteriza como uma pesquisa qualitativa, pois

visa a estudar o mundo real, para além das técnicas de mundo ideal, a fim de compreender, descrever e explicar fenômenos por meio da análise de experiências práticas profissionais em seu conhecimento e relatos, inclusive com a investigação de documentos (GIBBS, 2009).

Para tal, nesta monografia, dividiu-se a abordagem do tema em quatro tópicos: a) boas práticas na escala dos materiais; b) do edifício; c) da escala urbana; e d) perspectivas de sustentabilidade na construção civil – análise de canteiros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A adoção de práticas de sustentabilidade na construção civil representa uma tendência evolutiva do mercado. A construção sustentável utiliza ecomateriais e soluções tecnológicas inteligentes promovendo a eficiente utilização e economia de recursos finitos, como água e energia a partir de combustíveis fósseis. Além disso, busca minimizar a poluição, aprimorar a qualidade do ar no ambiente interno e proporcionar conforto tanto para os habitantes quanto para os consumidores (FERNANDES, 2009).

Silva (2018) destaca que a emergência da nova consciência ambiental, influenciada pelas transformações culturais das décadas de 1960 e 1970, trouxe destaque para a prioridade do meio ambiente. A partir dos anos 1980, os investimentos em gestão ambiental deixaram de ser encarados apenas como aumento de custos e cumprimento de exigências legais, passando a ser percebidos como estratégicos investimentos.

O conceito de sustentabilidade surge da necessidade de abordar a maneira como a sociedade tem explorado e utilizado os recursos naturais. Isso envolve a análise de alternativas para preservá-los, a fim de evitar seu esgotamento, conforme mencionado por Sousa (2023).

Agopyan e John (2011) destacam um crescimento expressivo, nos últimos 20 anos, de estudos e iniciativas relacionados à importância de uma indústria da construção comprometida com o meio ambiente. A tríade formada pelo ambiente, economia e sociedade é percebida como inseparável para o avanço das atividades na construção civil.

Embora não haja um roteiro fixo para projetos de construção, é essencial seguir diretrizes adaptadas da abordagem Brundtland de 1987. Isso inclui planejamento a longo prazo, eficiência energética, uso adequado da água, exploração sustentável de recursos, materiais responsáveis, gestão de resíduos, conforto interno, evitando impermeabilização total do solo e integração ao contexto urbano. Essas práticas promovem a sustentabilidade na construção civil.

De acordo com Tavares (2006, p. 16):

O setor da Construção Civil em todo o mundo é o responsável pelo consumo de 50% dos recursos naturais e 40% dos insumos energéticos de todas as fontes, sendo que essa afirmação considera o Ciclo de Vida das Edificações, o que inclui além do consumo de energia na vida útil das edificações, também a energia gasta na fabricação dos materiais de construção, na obra propriamente dita e na desconstrução. (Tavares, 2006, p. 16).

O Ministério do Meio Ambiente Brasileiro destaca a importância fundamental do setor da construção civil para o alcance dos objetivos globais de desenvolvimento sustentável. Conforme o Conselho Internacional da Construção (CIB), essa indústria é o maior consumidor de recursos naturais e utiliza energia de maneira intensiva, resultando em significativos impactos ambientais. Além disso, é responsável por mais de 50% dos resíduos sólidos gerados por todas as atividades humanas (GARCIA, 2023).

Dentro da construção sustentável, as certificações são um tema relevante. Diversas iniciativas surgiram para preservar o meio ambiente e minimizar os impactos durante o planejamento, construção e uso de edifícios. Selos nacionais e internacionais avaliam consumo de recursos, emissões de carbono, resíduos gerados e o conforto dos ocupantes. Cada certificação reflete o desempenho do edifício e esforços para reduzir consumo de água, energia, emissões de carbono e matérias-primas, buscando melhorar a qualidade de vida, conforme destacado por *Côrtes et al.*, (2012).

Diversas iniciativas surgiram para fomentar a construção sustentável, visando à preservação do meio ambiente e à minimização dos impactos ambientais nas fases de planejamento, construção e uso de edifícios. Sistemas de selos, nacionais e internacionais, foram estabelecidos para verificar recursos consumidos, emissões de carbono, resíduos gerados e o bem-estar dos ocupantes. Cada certificação passa por uma avaliação do grau de sustentabilidade do edifício, refletindo o desempenho e os esforços para reduzir o consumo de água, energia, carbono e matérias-primas, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida, conforme apontado por *Côrtes et al.*, (2012).

As certificações ambientais são meios de avaliar e reconhecer a

construção sustentável. No cenário nacional, destacam-se quatro certificações relacionadas à construção sustentável: LEED, AQUA, PROCEL e Selo Casa Azul Caixa.

A certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), originada nos Estados Unidos, é um sistema que avalia o desempenho e impacto ambiental de edifícios, desenvolvido pelo GBC (Green Building Council). Abrange seis áreas: locais sustentáveis, uso eficiente de recursos hídricos, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade do ar interior e inovação e processos de projeto (CÔRTEZ *et al.*, 2012). A Figura 1 ilustra os selos de certificação LEED para diferentes níveis de sustentabilidade.

Figura 1: Selos da certificação LEED



Fonte: Projetou Blog (2024).²

A certificação AQUA (Alta Qualidade Ambiental) é uma adaptação brasileira do HQE (*Haute Qualité Environnementale*), utilizada na Europa como ferramenta de avaliação de critérios de sustentabilidade em edifícios desde 2002. Emitida pela Fundação Vanzolini no Brasil, responsável por certificações de Sistemas de Qualidade desde 1990, o AQUA foi o primeiro selo a considerar as especificidades do Brasil, desenvolvendo 14 critérios que avaliam a gestão ambiental de obras e características técnicas e arquitetônicas (PORTAL VANZOLINI, 2016). A Figura 2 ilustra o selo de certificação AQUA.

² Disponível em: <https://www.projetou.com.br/posts/certificacao-leed/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

Figura 2: Selo da certificação AQUA



Fonte: SustentArqui (2024).³

O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), juntamente com órgãos oficiais como o Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (PROCEL), está engajado na construção das bases necessárias para otimizar o consumo de energia em edificações. Essa iniciativa visa incentivar a conservação e o uso eficiente de recursos naturais, como água, luz e ventilação (PROCEL, 2016). A Figura 3 ilustra o selo Procel.

Figura 3: Selo de certificação Procel Edifica



Fonte: PHOS Consultoria (2024).⁴

A criação do Selo Casa Azul Caixa tem como objetivo incentivar o uso racional de recursos naturais na construção de edificações habitacionais. Seu foco está na redução de custos de manutenção dos edifícios, nas despesas mensais dos usuários e na promoção da conscientização de empreendedores e moradores sobre as vantagens das construções sustentáveis (CAIXA, 2010).

³ Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/certificacao-aqua-construcao-sustentavel/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

⁴ Disponível em: <https://www.phosconsultoria.com/certificacoes/procel-edifica/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

A Figura 4 apresenta os diferentes tipos de selos Casa Azul Caixa conforme o nível de sustentabilidade da edificação.

Figura 4: Selo de certificação Casa Azul Caixa



Fonte: SustentArqui (2024).⁵

Severiano (2021) ressalta a relevância das certificações como processos de avaliação para construtoras, enfatizando a necessidade de adequação a todos os requisitos estabelecidos para cada certificado. O GBC (2016) destaca que o Brasil está entre os cinco países com maior número de projetos registrados e certificados, refletindo um crescente processo de conscientização nacional e investimentos em qualidade e economia nas edificações.

2.2 BOAS PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE PARA EDIFICAÇÕES

Uma edificação sustentável busca aproveitar recursos naturais como iluminação e vento, racionalizar o uso de energia, prover soluções tecnológicas que reduzam o consumo de água (reuso, aproveitamento da água de chuva, utilização de temporizadores e descargas que consomem menos água), contemplar áreas para coleta seletiva de lixo e assegurar que seja feita da maneira adequada (reciclagem), reduzir a poluição e criar ambientes saudáveis, utilizando tecnologias para regular acústica e temperatura aumentando, assim, o conforto de seus usuários.

De acordo com Mendonça (2010), a edificação sustentável representa uma evolução na concepção do projeto, na construção e em sua utilização. A

⁵ Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/selo-casa-azul-caixa-nova-versao-da-certificacao-de-projetos-habitacionais-brasileira/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

incorporação de práticas sustentáveis abrange as seguintes etapas, desde a concepção até a construção do produto do edifício:

a) planejamento: fase inicial do ciclo de vida de um edifício, na qual o empreendimento está sendo concebido. Nesta fase são realizados estudos de viabilidade física, econômica e financeira, além de estarem sendo elaborados projetos e especificações, assim como a programação das atividades construtivas;

b) implantação: é a fase de construção propriamente dita;

c) uso: é a fase da operação do empreendimento; etapa em que o mesmo é ocupado por seus usuários;

d) manutenção: fase cuja atividade tem origem na necessidade de reposição de componentes que atingiram o final de sua vida útil e de manutenção de equipamentos e sistemas, ou da necessidade de correção de falhas na execução ou manifestações patológicas.

A seguir, realiza-se uma discussão sobre os itens fundamentais no âmbito das edificações para o aumento da sustentabilidade.

2.2.1 Projeto

O projeto é a etapa inicial no ciclo de vida de um edifício, envolvendo o planejamento e a concepção dos espaços a serem construídos. Inclui estudos prévios sobre viabilidade física, econômica e financeira, além do projeto de execução. Estabelece especificações e cronograma para o desenvolvimento das atividades construtivas (AMADO, 2007).

Segundo Amado (2007), nesta fase, são validadas as principais decisões que terão impactos ambientais positivos ou negativos, como a adoção de soluções para redução do consumo de energia e água, melhoria do conforto ambiental, e elaboração detalhada do sistema construtivo do projeto para sua aplicação nas fases subsequentes. Além disso, a escolha dos sistemas construtivos e a gestão dos resíduos gerados durante a construção também são determinadas durante a concepção do projeto.

Algumas das atividades cruciais nesta fase incluem: determinar a localização, implantação, escolher materiais de baixo impacto e maior

durabilidade, definir o nível de eficiência energética do edifício, considerar as condicionantes naturais (sol, vento e chuva), implementar sistema de captação de águas pluviais e planejar a reutilização de água (AMADO, 2007).

2.2.2 Sistemas construtivos

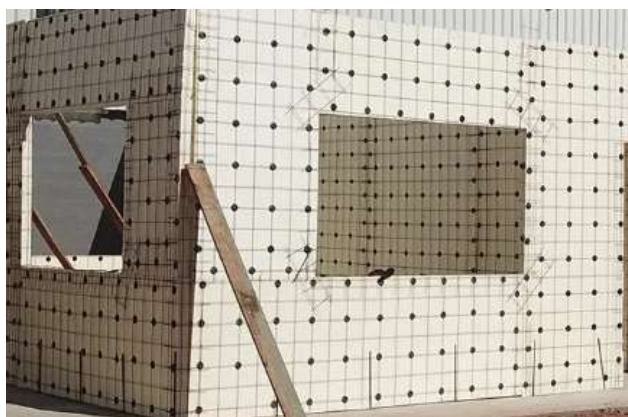
Os sistemas construtivos sustentáveis emergiram em resposta à demanda da sociedade por práticas e ações visando minimizar os impactos ambientais. Esta inovação trouxe materiais ecologicamente corretos e eficientes na economia de recursos como água e energia, contribuindo para a redução da emissão de gases de efeito estufa, tanto na produção da matéria-prima quanto na operação das edificações. Além disso, esses sistemas visam melhorar a qualidade do ar no ambiente interno e proporcionar conforto aos usuários (FERREIRA *et al.*, 2010).

Uma construção pode demandar meses ou até mesmo anos para ser concluída, porém, com as inovações atuais, é viável erguer uma casa em apenas 15 dias. Isso não apenas resulta em economia de dinheiro, mas também de materiais. Dependendo do projeto, o ritmo de construção pode ser até cinco vezes mais veloz que o método tradicional. A rapidez desse processo se deve à eliminação de etapas cruciais, como o chapisco, o reboco ou o corte de tijolos. Conseqüentemente, o tempo necessário de trabalho manual também é reduzido, resultando em maior economia financeira e ambiental.

2.2.2.1 Painéis EPS

O Poliestireno Expandido (EPS) (Figura 5) representa um tipo de plástico celular de caráter rígido, caracterizado por uma densidade inferior e uma proporção significativa de ar contido em sua estrutura interna. A principal característica desse material é a eficácia como isolante térmico, sendo utilizado no revestimento de paredes internas. O painel de EPS é 100% reciclável e reutilizável. Sua natureza permite desmontagem e remontagem em diferentes locais. E no caso de descarte, sua matéria-prima pode ser facilmente reciclada.

Figura 5: exemplo de painéis EPS



Fonte: AECweb (c2024).⁶

2.2.2.2 Drywall

O sistema Drywall (Figura 6) não possui função estrutural. É utilizado para construção de forros e paredes internas. O sistema consiste em placas de gesso envoltas por uma estrutura de aço. O isolamento é uma de suas vantagens principais, pois pode ser acrescentada uma manta isolante no interior de suas paredes, como lã mineral, de PET ou de vidro.

Figura 6: exemplo de Drywall



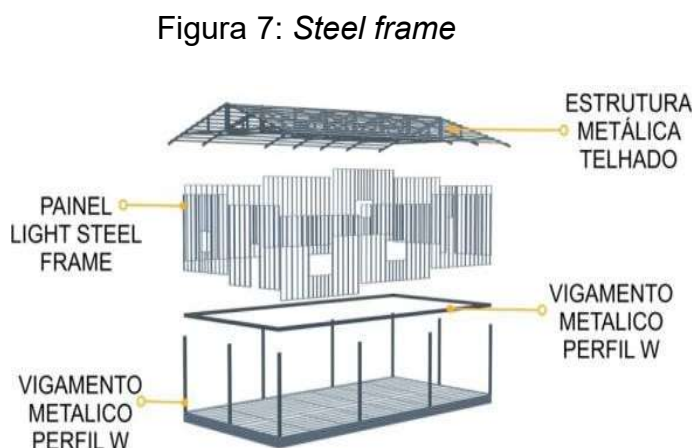
Fonte: Sienge (2022).⁷

⁶ Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/especiais/grupoisorecort/materia/paineis-monoliticos-de-eps-sao-regulamentados-pelo-ministerio-das-cidades/18527> Acesso em: 23 fev. 2024.

⁷ Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/construcao-a-seco/> Acesso em 23 fev. 2024

2.2.2.3 Steel frame

O Steel Frame (Figura 7) é um sistema construtivo industrializado e racionalizado, sendo sua estrutura composta por perfis de aço galvanizado e seu fechamento é realizado por meio de placas cimentícias, de madeira ou drywall. Uma diferença desse sistema em relação a outros reside na limpeza do canteiro de obras, uma vez que a geração de resíduos é mínima, e não há necessidade de uso de água (PEREIRA, 2018). Esse sistema permite diferentes configurações que também garantem conforto térmico e acústico.



Fonte: Construindo casas (2024).⁸

2.2.2.4 Wood frame

O método de construção Wood frame (Figura 8) é semelhante ao steel frame, mas utiliza perfis de madeira, geralmente de reflorestamento, como o pinus, em vez de perfis de aço galvanizado. Esse sistema construtivo é composto por perfis de madeira maciça, contraventados com chapas de OSB, e uma estrutura de madeira autoclavada, que desempenha a função de proteger a edificação contra cupins e umidade (PEREIRA, 2018). Esse método também apresenta conforto térmico e acústico. O nível de isolamento chega a ser duas vezes maior que o de uma alvenaria convencional.

⁸ Disponível em: <https://construindocasas.com.br/blog/construcao/steel-frame/>. Acesso em 18 jan. 2024.

Figura 8: *Wood frame*

Fonte: Projetou Blog (2024).⁹

2.2.3 Uso e operação

A fase de operação representa a extensão mais prolongada no ciclo de vida de um edifício, destacando-se como o período que influencia significativamente os consumos de energia e água, a gestão de resíduos domésticos, a implementação de sistemas de aproveitamento da luz solar, a conservação de equipamentos e dos sistemas.

Conforme apontado por Stella (2023), o design e a construção de edificações exercem uma influência direta sobre sua utilização subsequente. Estratégias eficientes de gestão de recursos, como água e energia, são cruciais para promover a sustentabilidade dos edifícios. A autora destaca que, embora as construtoras não possam determinar o modo exato como os futuros usuários irão empregar esses recursos, existem abordagens de consumo que só podem ser implementadas se os edifícios forem concebidos com essa finalidade em mente.

Pesquisas apontam para um acréscimo de aproximadamente 5% nos custos do processo de construção ao se realizarem investimentos em

⁹ Disponível em: <https://www.projetou.com.br/posts/titulo-o-que-e-wood-frame/>. Acesso em 18 jan. 2024.

sustentabilidade. No entanto, os benefícios econômicos a médio e longo prazo são notáveis, com uma redução em torno de 30% nos gastos com água e energia, tornando o investimento altamente compensatório. A criação de edificações com elevada eficiência energética destaca-se como um diferencial, uma vez que, devido aos menores custos operacionais, tais imóveis tendem a ser mais valorizados pelos clientes (SILVA, 2018).

O impacto do comportamento dos ocupantes sobre o consumo energético de uma edificação é substancial. Mesmo quando uma construção é concebida visando a eficiência energética, essa meta pode ser comprometida se os ocupantes adotarem práticas de desperdício. Por outro lado, o comportamento consciente em relação ao consumo de energia tem o potencial de reduzir os custos das contas de energia. Uma abordagem ideal seria que, após a conclusão do projeto, o engenheiro fornecesse ao proprietário orientações detalhadas sobre o uso eficiente da edificação. Essas diretrizes devem ser descritas no manual do usuário (GOULART, 2023).

2.2.3.1 Reaproveitamento de água

O aproveitamento das águas residuais e pluviais é fundamental para o edifício obter um nível de sustentabilidade mais elevado, pois a escassez de água é assunto recorrente no mundo, mesmo em um país como o Brasil que detém 12% da água doce do planeta. A falta de água é algo que preocupa a todos, apesar do planeta ser 75% água, 97% dessa quantidade é salgada e apresenta altos custos para se dessalinizar. Já a água doce disponível, concentra boa parte em geleiras, o que impede seu uso. (EOS, 2023).

As reclamações mais frequentes no uso da água envolvem práticas irresponsáveis e o lançamento de esgoto sem tratamento em corpos hídricos. Relatórios da ONU alertam que, caso os padrões atuais se mantenham, bilhões de pessoas enfrentarão uma escassez crítica de água doce até 2025. A humanidade impacta rios e lagos de maneira tão intensa que esses recursos não conseguem se regenerar a tempo (EOS, 2023).

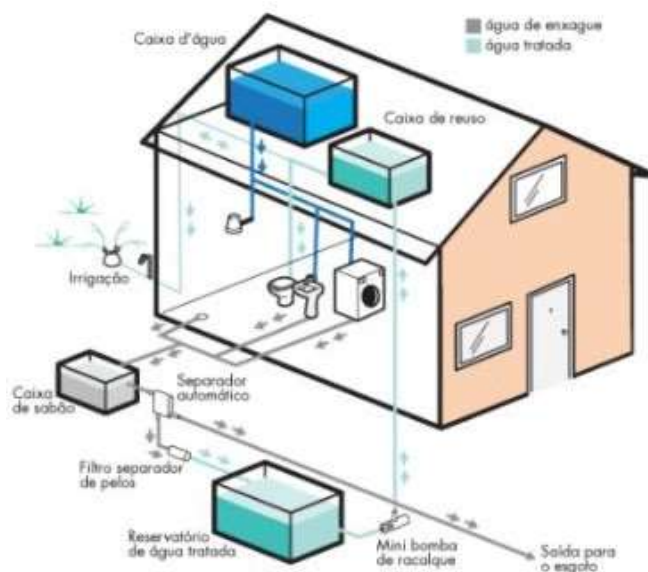
Diante dessa iminente dificuldade, emerge a discussão sobre a preservação, reutilização e uso consciente da água. Segundo Severiano

(2021), as águas reutilizadas podem ser categorizadas em três grupos distintos: águas cinzas, águas negras e águas pluviais.

As águas negras são as provenientes dos vasos sanitários. O grupo das águas cinza se divide em águas cinza claras (provenientes de chuveiros, banheiras, lavatórios e máquinas de lavar roupas); as águas cinza escuras (provenientes de pias de cozinha e máquinas de lavar pratos) e; as águas pluviais são as águas das chuvas, as quais são captadas por ralos e calhas na cobertura das edificações. (SEVERIANO, 2021).

Na construção civil, a prática do reuso da água cinza representa uma das estratégias essenciais para atenuar o iminente problema de escassez de água em áreas urbanas. Um sistema de reutilização de águas (Figura 9) possibilita uma redução substancial (entre 30% a 60%) no consumo de água potável. Essa água reutilizada pode ser empregada em diversas atividades, como irrigação de jardins, limpeza de calçadas e descarga de banheiros. O reuso da água cinza no canteiro de obras não apenas promove uma economia significativa, situada entre 30% e 50%, mas também contribui para a diminuição da produção de esgoto, uma medida particularmente relevante em regiões desprovidas de sistemas eficientes de tratamento (SEVERIANO, 2021).

Figura 9: Sistema de reutilização de águas residuais



Fonte: Neo Ipsum (2024).¹⁰

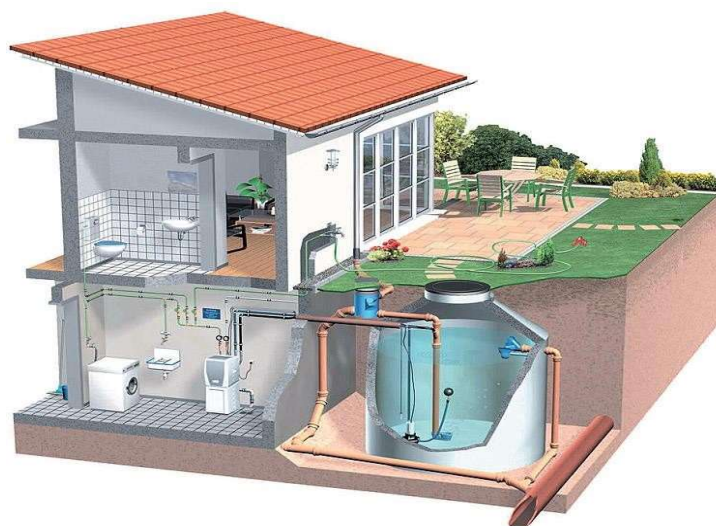
¹⁰ Disponível em: <https://neoipsum.com.br/reuso-de-aguas-cinzas-e-pluviais/>. Acesso em: 18 jan. 2024.

2.2.3.2 Captação de águas pluviais

A água da chuva pode ser aproveitada de diversas formas, sendo crucial a separação adequada da água pluvial por meio de um sistema de encanamento destinado especificamente para áreas de limpeza, jardins e sanitários. A implementação desse sistema de captação requer a instalação de calhas ao redor da cobertura, além de tubulações e filtros projetados para remover pequenas impurezas (RAMOS, 2023).

Na figura 10, apresenta-se, ilustramente, um sistema de reutilização de águas pluviais. A água da chuva é armazenada num reservatório e bombeada para atividades que não necessitem águas potáveis.

Figura 10: Sistema de reutilização de águas pluviais



Fonte: PEX (2024).¹¹

2.3 BOAS PRÁTICAS NO ÂMBITO DE MATERIAIS E COMPONENTES

A integração de boas práticas em relação a materiais na construção está emergindo como uma tendência em constante evolução no mercado. Os benefícios associados a essas práticas são tangíveis e mensuráveis, proporcionando vantagens concretas para proprietários, usuários, projetistas,

¹¹ Disponível em: <http://blogengenhariadeprojetos.blogspot.com/2017/02/captacao-e-reuso-de-aguas-pluviais.html>. Acesso em: 18 jan. 2024.

engenheiros e construtores. Os benefícios de um projeto sustentável estão intrinsicamente ligados às dimensões da sustentabilidade econômica, ambiental e social, visando a preservação da saúde das pessoas, a redução da geração de resíduos, a economia de energia e a diminuição dos custos operacionais (KEELER, BURKE, 2010).

2.3.1 Resíduos da construção civil

Conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecida pela Lei nº 12.305/2010, os resíduos da construção civil compreendem aqueles originados em construções, reformas, reparos e demolições de obras civis, incluindo também os resultantes da preparação e escavação de terrenos para tais obras. A legislação determina que os geradores desses resíduos são responsáveis pela adequada destinação dos mesmos (BRASIL, 2010).

O artigo 9º desta lei estabelece que "na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos" (BRASIL, 2010).

A Resolução 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece que o responsável pela destinação do resíduo sólido é aquele que o produz. Portanto, a gestão desse setor dentro da construção civil é crucial para todos os envolvidos.

A Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON) (2022) classifica os resíduos de construção e demolição (RCD) em três grupos:

- a) grupo 1: materiais compostos de cimento, cal, areia e brita (concretos, argamassa e blocos de concreto);
- b) grupo 2: materiais cerâmicos (telhas, manilhas, tijolos e azulejos);
- c) grupo 3: materiais não recicláveis (solo, gesso, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor).

A ABRECON (2022) destaca que a produção de Resíduos da Construção Civil (RCC), além de gerar impactos ambientais, uma vez que apenas 20% dessa quantidade é destinada de maneira adequada, acarreta

também em desperdício de recursos econômicos.

Apesar de ser frequentemente encarado como um problema, o entulho deve ser percebido como uma fonte valiosa de materiais para a construção civil. Seu uso mais tradicional, muitas vezes em aterros, nem sempre é o mais racional, já que esses resíduos podem ser transformados em matéria-prima para componentes de construção. Esses materiais, quando devidamente processados, podem ser de qualidade comparável aos tradicionalmente extraídos de jazidas (SEVERIANO, 2021).

Ainda conforme Severiano (2021), apenas 30% do entulho gerado em obras recebe um destino adequado, sendo que 95% desse material poderia ser reciclado e integrado nos processos de construção. Essa prática não apenas contribuiria para a sustentabilidade, mas também resultaria em uma redução significativa nos custos da obra, podendo chegar a até 50%.

O entulho triturado revela-se uma opção versátil, podendo ser empregado na pavimentação de estradas, no enchimento de fundações e no aterro de vias de acesso. O entulho reciclado, nesse contexto, representa um recurso de grande potencial e oferece benefícios substanciais para a indústria da construção civil, uma vez que provém de processos construtivos, sendo uma fonte abundante de material residual (SEVERIANO, 2021).

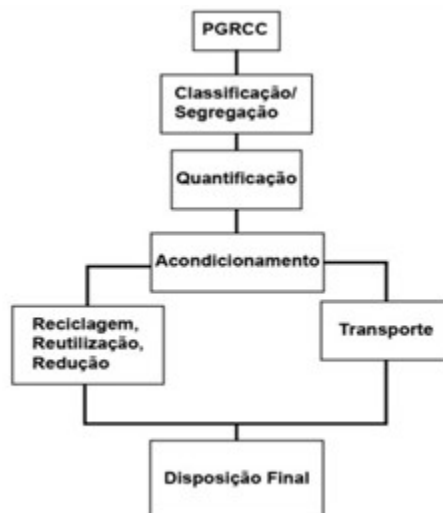
Conforme descrito por Severiano (2021), uma alternativa eficaz é investir em sistemas pré-fabricados, como concreto pré-moldado e estruturas metálicas. Essa abordagem evita a necessidade de montagem de fôrmas de madeira, resultando em uma redução significativa na quantidade de resíduos gerados em comparação com métodos de construção convencionais. Estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas se originem da construção. Esses aspectos ambientais, aliados à qualidade de vida proporcionada pelo ambiente construído, resumem as interações entre a construção e o meio ambiente.

Stella (2023) aponta que o destino final para os entulhos que não podem ser reaproveitados ou reciclados é o descarte. Os resíduos destinados aos aterros precisam ser previamente avaliados quanto à sua toxicidade, uma vez que podem causar contaminações significativas no solo. É de responsabilidade da construtora garantir que o aterro a ser utilizado atenda aos requisitos

estabelecidos pela lei.

A Figura 11 ilustra um plano de gerenciamento de resíduos.

Figura 11: Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)



Fonte: Oliveira *et al.*, (2018).

2.3.2 Materiais sustentáveis

Muitos materiais podem ser empregados na construção civil, proporcionando resultados equivalentes ou até superiores quando comparados aos materiais tradicionais. A escolha desses materiais está relacionada a uma série de fatores, incluindo o reuso ou reciclagem de resíduos, a utilização de produtos recicláveis, a preferência por materiais naturais com extração causando baixo impacto ambiental, a emissão reduzida de poluentes durante a produção, a localização adequada dos pontos de extração de matéria-prima e fabricação dos produtos finais, além da minimização das distâncias percorridas para entrega e instalação (KIBERT, 2020).

2.3.2.1 Madeira

Alguns materiais naturais já são amplamente utilizados na construção civil, como a madeira proveniente de florestas plantadas. Essa madeira é empregada para diversos fins, incluindo estruturas, revestimentos, vedações, móveis e decoração. Este é um exemplo crucial de biotecnologia preventiva,

que busca substituir materiais com elevado impacto ambiental. Além de possibilitar a manutenção dos níveis de dióxido de carbono, a madeira de florestas plantadas é totalmente reutilizável ou reciclável (MAGALHÃES, SANTOS, 2009).

Conforme destacado por Souza (2012), as árvores desempenham um papel crucial na captação de carbono, sendo que aquelas em fase de crescimento possuem maior potencial de absorção do gás carbônico em comparação às árvores adultas. Portanto, a conclusão do ciclo de vida de árvores que já cumpriram sua função de captura de dióxido de carbono (CO₂) é parte natural desse ciclo, e o uso dessas árvores pode ser realizado sem causar danos significativos ao ecossistema.

A fonte desse recurso não pode ser muito distante da obra para não acarretar impactos ambientais e econômicos no transporte. Deve-se verificar também se a empresa fornecedora possui responsabilidade ambiental para a obtenção de matéria prima.

2.3.2.2 Concreto

O concreto é o material mais amplamente utilizado na construção civil, sendo composto por cimento, agregados (brita e areia), água e aditivos. O maior problema ambiental do concreto é relacionado à produção do clínquer, matéria prima do cimento. Nesse sentido, diversos estudos acadêmicos e técnicos têm avaliado alterações em sua composição, especialmente na quantidade e tipo de aditivos, com o objetivo de desenvolver alternativas menos agressivas ambientalmente (STELLA, 2023).

De acordo com Silva:

Uma forma de tornar o concreto menos agressivo ao meio ambiente é utilizando adições minerais, tais como: sílica ativa, cinza volante, argila expandida, materiais reciclados de origem polimérica (borrada de pneu, PVC, PVA, SBR entre outros). A adição de agregados similares a estes, pode ser uma forma de diminuir o custo da produção e impacto ambiental do CAA (Concreto Autoadensável) devido à diminuição do conteúdo de cimento e agregados naturais. (Silva, 2020, p. 2).

2.3.2.3 Blocos de concreto com raspas de pneus

Blocos de concreto com raspas de pneus são considerados sustentáveis, pois fazem uso de pneus não funcionais como agregados para argamassas e concretos. Essa prática representa uma alternativa ambientalmente adequada, uma vez que resulta em materiais mais leves, econômicos e ecologicamente corretos. Além disso, contribui para a diminuição do impacto ambiental ao reduzir a quantidade de pneus nos aterros e lixões. Essa prática impede que os pneus se tornem abrigos para insetos, dificultando sua proliferação (FRANÇA, 2014).

Silva (2020) descreve a produção de concreto com adição de borracha de pneu em substituição à areia. Os resultados indicam que a resistência à compressão apresenta uma redução significativa, variando entre 61,3% e 68%. No entanto, a utilização da borracha de pneu em substituição aos agregados finos reduz a profundidade de penetração de água no concreto emborrachado. Além disso, esse tipo de concreto demonstra resistência à abrasão e absorção de água melhores em comparação ao concreto tradicional (conforme ilustrado na Figura 12). É possível utilizá-los para pavimentar ruas, acessos internos, estacionamentos, calçadas e passeios.

Figura 12: Blocos de concreto com raspas de pneu



Fonte: Wix (2024).¹²

¹² Disponível em: <https://usoderesiduosdepne.wixsite.com/concreto/reas-aplicadas>. Acesso em: 18 jan. 2024.

2.3.2.4 Tijolo sustentável

De acordo com informações da empresa eCycle (2013), os tijolos cerâmicos são amplamente utilizados em cerca de 80% da construção global, e os métodos convencionais de fabricação desses tijolos são responsáveis pela emissão de aproximadamente 800 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) por ano. A arquiteta Ginger Dosier desenvolveu o BioMason, uma tecnologia que utiliza micro-organismos para a produção de tijolos destinados à construção civil. Essa abordagem inovadora busca reduzir a pegada de carbono associada à fabricação tradicional de tijolos.

Esses tijolos (conforme ilustrado na Figura 13) são fabricados utilizando três componentes principais: agregado (que inclui areia, massa reciclada e pó de carvão); composto biológico contendo bactérias, nutrientes e minerais (como cimento); e água. Esses componentes são misturados e secam naturalmente em cinco dias à temperatura ambiente, sem a necessidade de aquecimento (FRANÇA, 2014).

Figura 13: Tijolo ecológico feito a partir de bactérias



Fonte: SustentArqui (2024).¹³

Outra forma de produzir o tijolo ecológico é a utilização de polietileno PET - Poli (Tereftalato de Etileno), sendo um exemplo apresentado na figura 14. Conforme Marques *et al.*, (2022), um metro quadrado de uma parede

¹³ Disponível em: <https://usoderesiduosdepne.wixsite.com/concreto/reas-aplicadas>. Acesso em: 18 jan. 2024.

construída com este tijolo tem o potencial de retirar aproximadamente 180 garrafas de bebidas do meio ambiente. Portanto, esta pesquisa tem como objetivo apresentar uma solução simples para a reciclagem de PET, impedindo seu descarte inadequado e sua acumulação em áreas impróprias, ao mesmo tempo em que reduz a demanda por matéria-prima na indústria da construção civil. Além disso, esse tijolo pode representar uma opção econômica para projetos de construção que não necessitam de requisitos estruturais específicos. Esse tijolo não tem função estrutural.

Figura 14: Tijolo sustentável feito a partir de garrafas descartáveis (PET)

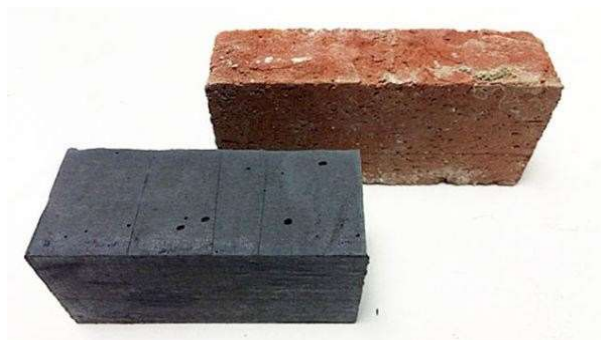


Fonte: SustentArqui (2024).¹⁴

Além disso, há a produção de tijolos ecológicos através da adição de cinzas provenientes da queima de madeira, carvão e do bagaço de cana. Essas cinzas não apenas reduzem os custos em comparação aos tijolos convencionais, mas também aproveitam um resíduo anteriormente sem uma finalidade específica. Essa prática se apresenta como uma alternativa vantajosa nos aspectos econômicos e ambientais no âmbito da construção civil (conforme ilustrado na Figura 15). Este tipo de tijolo ecológico, conforme Giordano (2016), Este tipo de tijolo é projetado para criar câmaras térmicas que impedem a transferência de calor do exterior para o interior da construção. Além de reduzir significativamente os ruídos provenientes do ambiente externo, os orifícios presentes no tijolo permitem a evaporação do ar, prevenindo assim o acúmulo de umidade nas paredes e no interior da estrutura. Essa característica evita danos à saúde e materiais associados à umidade.

¹⁴ Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/tijolos-ecologicos-inovadores/>. Acesso em: 18 jan. 2024.

Figura 15: Tijolo ecológico composto por 70% de cinzas, comparado ao tijolo de cerâmica



Fonte: SustentArqui (2024).¹⁵

2.3.2.5 Telhas recicladas

Telhas recicladas destacam-se por sua alta resistência, baixo custo e contribuição para a redução de danos ambientais. Estas telhas são produzidas a partir de matéria-prima reciclada, especificamente de embalagens do tipo longa vida e tubos de pasta de dentes. O processo de fabricação envolve diversas etapas: inicialmente, há a separação do material nas cooperativas de catadores, que ficam com a parcela de papel presente nas embalagens, encaminhando o metal e o plástico para a empresa. Os materiais são lavados, secados, triturados e separados. Após um processo de aquecimento em uma prensa quente a 130°C, são formadas chapas que, por sua vez, são cortadas e moldadas no formato de telha (FRANÇA, 2014).

Materiais que demoram a se decompor no meio ambiente e que, de outra forma, seriam destinados a locais inadequados, contaminando o solo, como embalagens de suco e leite, são reciclados para a produção dessas telhas. Além de serem resistentes a granizo, elas apresentam baixa condutividade térmica, características obtidas a partir do uso de um único material: a parte interna das embalagens. Essas telhas versáteis não são apenas uma opção sustentável, mas também têm uma aplicação ampla, podendo ser utilizadas na fabricação de divisórias, forros, lixeiras e coletores,

¹⁵ Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/tijolos-ecologicos-inovadores/>. Acesso em 18 jan. 2024.

tanto em domicílios quanto em edifícios (FRANÇA, 2014). A Figura 17 ilustra um exemplo desses produtos). As figuras 16 e 17 ilustram telhas produzidas a partir do processo acima descrito.

Figura 16: Telha de embalagens do tipo longa vida



Fonte: Autossustentável (2024).¹⁶

Figura 17: Telha de tubo de pasta de dentes



Fonte: Autossustentável (2024).¹⁷

Outra opção disponível são as telhas de PET (conforme mostrado na

¹⁶ Disponível em: <https://autossustentavel.com/2017/11/telhas-tetra-pak.html>. Acesso em: 18 jan. 2024.

¹⁷ Disponível em: <https://autossustentavel.com/2017/11/telhas-tetra-pak.html>. Acesso em: 18 jan. 2024.

Figura 18), que possui baixo custo de produção, com alta durabilidade, proporcionando excelente fluxo luminoso, transparência e brilho para coberturas que demandam essas qualidades. Atuam contra a propagação de insetos e animais noturnos, pois o material não guarda resíduos que atraem a presença deles. Outra vantagem é que essas telhas não apresentam porosidades, ao contrário das telhas cerâmicas, prevenindo o acúmulo de umidade e crescimento de microorganismos. Elas também resistem a temperaturas mais elevadas comparativamente em relação as telhas tradicionais de cerâmica (ALMEIDA *et al.*, 2013).

Figura 18: Telha de garrafa PET



Fonte: Casa da Telha (2024).¹⁸

2.3.2.6 Lã de PET

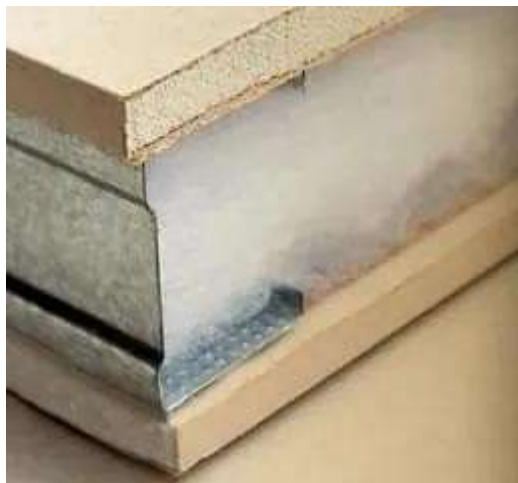
Nos centros urbanos, o ruído excessivo é um dos grandes problemas, tornando o isolamento acústico uma necessidade. A reutilização de materiais oferece a possibilidade de criar um isolante acústico a partir de garrafas PET, como destacado por França (2014). Essa prática permite a criação de um ambiente mais confortável e silencioso, melhorando a qualidade de vida nos espaços urbanos).

A fabricação da LÃ de PET (figura 19) necessita da ajuda de catadores e cooperativas para coletar as garrafas PET e realizar a montagem, a lavagem, e a secagem, respectivamente. Esse material proporciona isolamento térmico e acústico, sem representar riscos à saúde, pois é hipoalergênico, possui alta compactação e resistência à umidade, fungos e outros

¹⁸ Disponível em: <https://www.casadatelha.com.br/telha-ecologica-de-garrafa-pet-traz-vantagens-incriveis-entenda/>. Acesso em: 18 jan. 2024.

microrganismos, sendo considerado um material sustentável (FRANÇA, 2014).

Figura 19: Lã de PET



Fonte: ACE (2024).¹⁹

2.3.2.7 Telhado verde

O telhado verde (figura 20) não apenas proporciona um ganho adicional de área na cobertura, mas também atua como excelente isolante térmico e acústico. Um exemplo desse sistema é a estrutura em seis camadas, a primeira consiste em uma laje projetada para suportar o peso da vegetação, seguida pela camada de impermeabilização com manta asfáltica. A terceira camada é a drenante, seguida pela filtrante, o substrato e, por último, a camada de vegetação (RIGHI *et al.*, 2016). Existem também sistemas pré-fabricados com reaproveitamento de plástico.

Segundo Righi *et al.*, (2016), o custo inicial das coberturas ecológicas frequentemente afasta potenciais clientes. Devido à necessidade de um trabalho profissional, análise estrutural cuidadosa e a implementação de diversas camadas e sistemas, os telhados ecológicos precisam de um investimento inicial maior do que os telhados convencionais. Porém, os benefícios econômicos a longo prazo compensam os custos. Telhados ecológicos protegem a membrana do telhado do clima severo e da radiação

¹⁹ Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/produto/la-de-pet-isosoft-wall/23802>. Acesso em: 18 jan. 2024.

ultravioleta (UV) e podem durar duas vezes mais do que os convencionais.

Os mesmos autores destacam que essas coberturas têm a capacidade de reter água da chuva, sendo que uma estrutura de 100 m² pode evitar o envio de 1.400 litros de água pluvial para a rede pública. Além disso, a temperatura neste sistema não ultrapassa 25°C, enquanto um telhado convencional atinge até 60°C. Portanto, a adoção de coberturas verdes resulta em menor demanda energética para resfriamento dos ambientes internos (RIGHI *et al.*, 2016). Contudo, é importante que haja planejamento, pois telhados verdes necessitam de uma estrutura mais robusta para suporta-los.

Figura 20: Telhado verde



Fonte: Gazeta do Povo (2018).²⁰

Nos estudos de Tassi *et al.*, (2014), os autores destacam que os telhados podem ser projetados de várias maneiras, dependendo do tipo de uso e da vegetação que irão suportar. Eles apontam a existência de duas categorias de telhados verdes: os sistemas intensivos e os extensivos. Os sistemas intensivos tem profundidade de solo mais significativa, variando de 15 a 90 cm, permitindo o cultivo de plantas maiores, como arbustos e árvores. Embora sigam o mesmo conceito dos projetos extensivos, possuem uma camada de retenção mais profunda, exigindo um sistema de irrigação. Além disso, as plantas podem ser irrigadas com a água retida na drenagem.

²⁰ Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/haus/sustentabilidade/nova-lei-telhado-verde-blumenau-aumenta-area-edificavel/>. Acesso em 18 jan. 2024.

No contexto dos telhados extensivos, os autores explicam que são projetados para suportar plantas resistentes a condições climáticas adversas, como secas, geadas e ventos fortes, resultando em coberturas leves (TASSI *et al.*, 2014). Esses telhados têm a finalidade de mitigar os efeitos das ilhas de calor urbanas e aumentar a umidade do ambiente. Fisicamente, possuem uma profundidade de solo entre 5 e 15 cm, e a água é armazenada no substrato. A camada de retenção é suficiente para as necessidades das plantas, embora um sistema de irrigação possa ser implementado em períodos de intempéries em climas extremos (FIGUEIREDO, 2015).

Conforme as sugestões de Figueiredo (2015), para áreas de paisagismo sobre laje, é recomendável optar por vegetações de raízes rasas, evitando danos a tubulações ou elevações indesejadas de calçadas e pisos. Já em locais com solo permeável, aconselha-se o uso de árvores de grande.

De acordo com Kibert (2020), o paisagismo não deve ser encarado apenas como um projeto de amenidades externas, mas sim como um integrador essencial da edificação com a natureza. Nesse sentido, é crucial realizar uma extensa pesquisa sobre as melhores espécies a serem cultivadas.

2.3.2.8 Uso de energia solar

O emprego da energia solar é atualmente uma das principais estratégias para reduzir o consumo elevado de energia elétrica, sendo uma fonte ilimitada, limpa, renovável e de baixo impacto ambiental. Existem duas especificações de sistemas solares: os térmicos, que convertem a energia solar em energia térmica, e os fotovoltaicos, que convertem a energia solar em energia elétrica. Ambos os tipos de coletores são utilizados de forma independente (SHAHSAVAR *et al.*, 2011).

Conforme Stella (2023), a instalação de energia fotovoltaica em edificações (Figura 21) tornou-se uma prática comum. A disposição das placas solares deve ser cuidadosamente planejada para maximizar a exposição à luz solar, exigindo projetos específicos para cada edificação. A autora destaca que, embora esse método de geração de energia nem sempre seja suficiente para atender plenamente à demanda do empreendimento, dependendo da

incidência solar, geralmente é restrito à cobertura, podendo se estender à fachada. Apesar do alto investimento inicial, é altamente eficiente.

Figura 21: Placas de energia solar



Fonte: G1 (2022).²¹

O governo brasileiro promove a inclusão de projetos fotovoltaicos em habitações do programa Minha Casa Minha Vida desde 2011, buscando tornar as residências mais sustentáveis. Iniciativas legislativas, como a PL 252/2014, concedem incentivos fiscais para imóveis construídos com foco na redução do consumo de água e maior eficiência energética. Observa-se que o Brasil busca compensar a falta de foco em sustentabilidade na construção civil nas últimas duas décadas com perspectivas de respostas mais positivas no futuro mediante investimentos em novas tecnologias e maiores incentivos governamentais. No entanto, ainda é necessário um pensamento globalizado que abranja toda a vida útil da estrutura ou empreendimento, desde seu projeto e construção até sua demolição (SEVERIANO, 2021).

Hoje há um desafio quanto ao reaproveitamento destas placas, quando perdem sua vida útil. O sistema, como é composto, inviabiliza sua reciclagem, o que pode gerar uma enorme quantidade de resíduos não recicláveis.

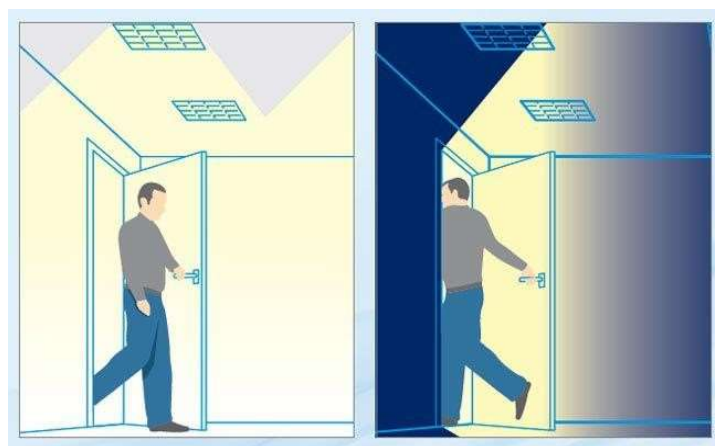
²¹ Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/especial-publicitario/top-sun/top-sun-energia-solar/noticia/2022/09/08/quanto-e-possivel-economizar-com-energia-solar-em-casa.ghtml>. Acesso em: 19 jan. 2024.

2.3.2.9 Eficiência Elétrica

Stella (2023) destaca que o ponto inicial para a redução do consumo de energia reside na conscientização dos colaboradores acerca do seu uso. Práticas como prolongar o uso de equipamentos desnecessariamente, manter a iluminação artificial em espaços desocupados e abusar do uso de climatizadores são exemplos de comportamentos que podem ser corrigidos por meio da educação. Investir em programas de conscientização sobre segurança no trabalho e oferecer capacitações que promovam a compreensão da responsabilidade individual na mitigação dos danos ao meio ambiente resultantes de práticas inadequadas são essenciais nesse contexto.

A adoção de lâmpadas LED, além de sua eficiência energética superior, resulta em menores impactos ambientais durante o descarte. A implementação de sensores de presença (Figura 22) em áreas com baixa circulação de pessoas emerge como uma alternativa para reduzir custos e evitar desperdícios de iluminação. Além disso, a correta disposição de lâmpadas substituídas ou danificadas deve ser feita em locais específicos de coleta no canteiro, conforme orientado por Stella (2023).

Figura 22: Funcionamento dos sensores de presença



Fonte: Decorlux (2017).²²

²² Disponível em: <https://www.decorlux.com.br/sensores-de-presenca-para-que-servem/>. Acesso em: 19 jan. 2024.

2.4 BOAS PRÁTICAS NO ÂMBITO URBANO

Stella (2023) destaca que o transporte individual motorizado é o mais poluente, sendo que a emissão de gases de efeito estufa (GEE) aumenta com o aumento da distância das viagens. Nas áreas urbanas, é responsabilidade dos municípios fornecer boas condições de transporte público, bem como promover alternativas mais sustentáveis de deslocamento.

A autora também destaca que a incorporação de um bicicletário no edifício estimula os moradores a adquirirem bicicletas, pois não precisam se preocupar com a segurança e espaço para armazenamento. Ela sugere que as construtoras possam investir em ciclovias nos municípios, tanto como parte do cumprimento de contrapartidas quanto como um investimento em marketing, ao contribuir para melhorias na cidade (STELLA, 2023).

Segundo Kibert (2020), Um edifício concebido com rigorosas normas de sustentabilidade pode ver sua eficiência comprometida caso os usuários necessitem realizar deslocamentos extensos para acessá-lo. A proximidade do edifício às áreas de origem dos usuários é essencial para minimizar impactos ambientais decorrentes do transporte e promover sustentabilidade.

Uma pesquisa conduzida pela Big Data em 2020 revelou que 71% dos entrevistados consideram provável que seu próximo carro seja elétrico (ABVE, 2020). No entanto, é crucial e evidente investir em infraestrutura adequada para suportar essa transição. Apesar de os carros elétricos poderem ser carregados em tomadas convencionais de 3 pinos, a ADAC (2022, apud STELLA, 2023) aponta uma perda de energia de 30%.

É importante destacar que a utilização de carros elétricos pode não ser uma alternativa viável, dependendo da matriz energética do país que adotar essa tecnologia, pois pode acarretar em maior consumo de recursos não renováveis. Uma boa alternativa seria aplicar o conceito "cidade de 15 minutos", idealizado por, Carlos Moreno em 2016. O conceito visa criar um ambiente urbano onde os residentes possam satisfazer todas as suas necessidades essenciais em um raio de 15 minutos a pé, possibilitando viver, trabalhar e desfrutar de áreas de lazer dentro de uma distância confortável para caminhar.

2.4.1 Ilhas de calor/eficiência energética

Uma das influências antropogênicas mais conhecidas no clima é o fenômeno de aquecimento urbano. O aumento da temperatura da superfície ou do ar sobre uma área urbana em relação às áreas rurais ou suburbanas vizinhas é denominado Ilha de Calor Urbana (ICU), conforme demonstrado na Figura 23 (ARYA, 2001).

Figura 23: Ilha de Calor Urbana



Fonte: Iberdrola (2024).²³

É sabido que a Ilha de Calor Urbana (ICU) não é causada por um único fator, mas sim pelas características da superfície e da atmosfera urbana, incluindo a alta capacidade calorífica dos materiais de construção, a diminuição das áreas de evapotranspiração e a retenção de radiação de ondas longas devido ao aumento da poluição atmosférica (GARTLAND, 2010).

A formação da ICU tem dois motivos principais. Um deles é que a maioria dos materiais de construção é impermeável e estanque, o que impede a disponibilidade de umidade para dissipar o calor do sol. O outro motivo é a combinação de materiais escuros em edifícios e pavimentos, juntamente com o adensamento de prédios, que bloqueia o fluxo de ar, e da escassez de vegetação e corpos d'água. Estratégias de mitigação da ICU, como o uso de coberturas e pavimentos frescos, bem como o aumento da vegetação, podem

²³ Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/ilha-de-calor>. Acesso em: 19 jan. 2024.

ser empregadas para reduzir o aquecimento nas cidades (GARTLAND, 2010).

Para reduzir a demanda energética de uma edificação, é necessário adotar estratégias que considerem a orientação solar e a massa da construção. Essas estratégias visam otimizar o aproveitamento da luz diurna e minimizar ganhos térmicos, a menos que sejam intencionais (KIBERT, 2020). Essa abordagem destaca a importância do design orientado para a eficiência energética desde as fases iniciais do projeto.

Stella (2023) destaca que em uma edificação de alto desempenho energético, o próprio edifício pode suprir sua demanda por meio de matrizes como solar, eólica, geotérmica, entre outras. Um projeto bem elaborado para uma construção com baixo consumo energético e pegada de carbono reduzida deve ser caracterizado por custos operacionais significativamente baixos, com um aumento mínimo nos custos de capital, se houver. Em determinadas situações, a implementação de estratégias durante as diferentes fases do projeto pode resultar em redução dos custos relacionados aos equipamentos de climatização e iluminação.

2.5 CRÉDITOS DE CARBONO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

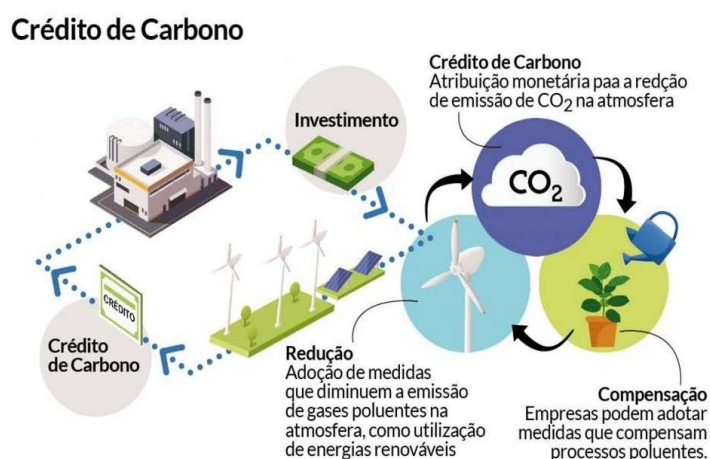
A neutralização de carbono pode ser alcançada por meio da compra de créditos de carbono (Figura 24) e do plantio de árvores. Apoiar e promover o crescimento sustentável é um dever prioritário na construção sustentável. Conforme Stella (2023), a compra de créditos de carbono é uma forma de compensação em maior escala, ocorrendo por meio da comercialização desses créditos nos mercados regulados ou voluntários. Cada crédito adquirido representa a não emissão de uma tonelada de CO₂.

No mercado regulado, governos estabelecem metas de compensação para diversos setores, que devem reduzir suas emissões obrigatoriamente. Empresas também podem adquirir créditos de carbono por iniciativa própria. Nesse contexto, o valor de um crédito de carbono pode ser até três vezes menor do que no mercado regulado (GULIN, 2022, apud STELLA, 2023).

Com base em artigo publicado no site da Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), Stella (2023) acrescenta que embora o Brasil

ainda não possui um mercado regulamentado para a comercialização de créditos de carbono, está caminhando para estabelecê-lo. Em 19 de maio, foi promulgado o Decreto n. 11.075/2022, que criou o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SINARE). Esse documento define os procedimentos para a elaboração de planos e fortalecimento de sistemas visando à operacionalização do mercado de carbono no país. Além disso, o governo federal encaminhou ao Congresso o Projeto de Lei n. 528/2021, que propõe a criação do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE), destinado a regular a compra e venda de créditos de carbono no Brasil.

Figura 24: Crédito de carbono



Fonte: Jornal NH (2023).²⁴

2.6 DIMINUIÇÃO DE CO₂ POR TRANSPORTE

O aumento do consumo e emissão de dióxido de carbono tem diversos impactos negativos no meio ambiente, incluindo o efeito estufa, que contribui para o aquecimento global. A transição para o transporte de emissão zero é uma etapa crucial em direção a um futuro sustentável, e para alcançá-lo é necessário implementar melhorias, desde o uso de combustíveis limpos até a

²⁴ Disponível em: <https://www.jornalnh.com.br/noticias/regiao/2023/09/01/entenda-o-que-e-mercado-de-carbono-e-como-ele-pode-fazer-bem-para-a-natureza-e-a-economia.html>. Acesso em: 19 jan. 2024.

melhoria na eficiência dos veículos, além de repensar a forma como pessoas se deslocam e mercadorias são transportadas (WANG, GE, 2019).

A eletrificação desempenha um papel crucial na solução para reduzir as emissões no setor de transporte, eliminando as emissões dos escapamentos dos veículos e contribuindo para a descarbonização da matriz elétrica. Padrões mais rigorosos de eficiência de combustível são essenciais não apenas para carros de passeio, mas também para veículos pesados, como ônibus e caminhões, visto que o transporte de mercadorias consome cerca de 40% da energia utilizada no setor de transporte. Empresas privadas também têm adotado iniciativas, incluindo a produção e prototipagem de caminhões de emissão zero, e comprometem-se com a neutralidade de carbono até a metade do século 21 (WANG, GE, 2019).

Conforme Wang e Ge (2019), um planejamento urbano mais eficiente e o estímulo a diferentes centralidades podem contribuir significativamente para reduzir a demanda de transporte e, conseqüentemente, as emissões de gases. Isso envolve promover o acesso a meios de transporte coletivos, bicicletas e caminhadas, em detrimento dos veículos motorizados individuais. Integrar avanços em tecnologias elétricas, autônomas e orientadas por dados é fundamental. Com a adoção da automação, eletrificação e compartilhamento de viagens, é possível reduzir as emissões de transporte em até 80%.

3 PERSPECTIVAS DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE

A indústria da construção civil desempenha um impacto significativo na economia global, e pequenas alterações nas diversas fases do processo construtivo não apenas podem impulsionar mudanças na eficiência ambiental, mas também resultar na redução dos gastos operacionais de uma obra. Isso cria um maior incentivo para investimentos no setor (SOARES, SOUZA, PEREIRA, 2006).

3.1 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) destaca-se como um método de excelência para a análise e escolha de alternativas, sob uma perspectiva puramente ambiental. Seu princípio baseia-se em analisar as repercussões ambientais de um produto ou atividade, utilizando um inventário que registra os fluxos de entradas e saídas de matérias-primas, energia, produtos, subprodutos e resíduos (SOARES, SOUZA, PEREIRA, 2006). A ACV proporciona uma visão abrangente dos impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida de um produto ou processo.

Conforme Soares, Souza e Pereira (2006, p. 24), "a ACV consiste na análise e na comparação dos impactos ambientais causados por diferentes sistemas que apresentam funções similares." Essa definição destaca a natureza comparativa e analítica da Avaliação do Ciclo de Vida, permitindo a tomada de decisões informadas sobre produtos ou processos com funções semelhantes.

No BRASIL, a ACV é regulamentada pela norma técnica NBR ISO 14044:2009 Versão Corrigida 2014.

No plano internacional, as quatro normas citadas são complementadas pela ISO/TR 14047 (ISO/TR, 2003), que apresenta exemplos de aplicação, pela ISO/TS 14048 (ISO/TS, 2002), que considera o formato de apresentação de dados, e pela ISO/TR 14049 (ISO/TR 2000), que fornece exemplos de aplicação e, especificamente, a definição de objetivos.

Para Keeler e Burke (2010), a metodologia da avaliação do ciclo de vida deve ser composta por quatro etapas: objetivo e definição do escopo; análise do inventário; avaliação de impacto e interpretação.

O objetivo e o escopo do período de estudo na ACV são estabelecidos em conjunto com a direção, orientações dos envolvidos e projetistas da edificação. O tipo de prédio desempenha um papel fundamental na definição dos objetivos específicos da avaliação do ciclo de vida. Essa abordagem destaca a importância de alinhar os objetivos da ACV com as características e propósitos específicos de cada edificação (KEELER, BURKE, 2010).

A análise do inventário é o segundo passo na metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e envolve a coleta de dados sobre os materiais e seus efeitos ambientais. Esses dados podem ser tangíveis ou intangíveis e são atribuídos direta ou indiretamente ao ciclo de vida do produto. Durante essa etapa, são examinados os fluxos totais das entradas (consumo de recursos) e das saídas (emissões), proporcionando uma visão abrangente dos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do produto (KEELER, BURKE, 2010).

A avaliação dos impactos, considerada o nível ISO mais crucial no processo de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), envolve a análise dos impactos ao longo do ciclo de vida. O objetivo é quantificar esses impactos e apresentá-los de maneira equilibrada para que construtores e projetistas possam utilizá-los eficientemente. Essa etapa compreende os seguintes passos: classificação, caracterização, normalização (opcional), agrupamento e ponderação (opcional), culminando na interpretação dos resultados. Cada passo desempenha um papel fundamental na compreensão e comunicação dos impactos ambientais associados ao produto ou processo em questão (KEELER, BURKE, 2010).

Na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), é reconhecido o desafio potencial da subjetividade, variabilidade das informações e a falta de conhecimento sobre os valores de toxicidade e meia-vida das substâncias químicas perigosas (KEELER, BURKE, 2010). Essas incertezas e falta de dados podem impactar a precisão e a confiabilidade dos resultados, destacando a importância de abordar e comunicar essas limitações durante o processo de avaliação.

A aplicação da ACV frequentemente está associada aos processos de

tomada de decisão nos setores empresarial e industrial, sendo reconhecida como de grande importância para o setor da construção civil, porém de elevada complexidade. Os impactos ambientais significativos resultantes das diversas fases do processo construtivo, desde a extração e fabricação de matérias-primas até a renovação ou demolição da estrutura, são avaliados por meio das repercussões de emissões atmosféricas, consumo de recursos naturais, demandas energéticas e geração de resíduos sólidos e líquidos (SOARES, SOUZA, PEREIRA, 2006). Essa abordagem destaca a utilidade da ACV como uma ferramenta valiosa para orientar escolhas sustentáveis na construção civil.

3.2 GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Keeler e Burke (2010) descrevem que recomendações de alcance internacional para gestão de resíduos foram estabelecidas na Agenda 21 da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Essa abordagem é conhecida como a hierarquia do lixo e é adotada em diversos países. Envolve objetivos como prevenir ou minimizar o desgaste ambiental, reusar ou reciclar, incinerar com recuperação de calor, utilizar alternativas à incineração e escolher materiais com mais segurança, como compostagem ou reprocessamento biológico. Além disso, considera o envio adequado dos resíduos para aterros sanitários. Essa hierarquia visa promover práticas mais sustentáveis na gestão de resíduos.

No redirecionamento de materiais provenientes de construção e demolições, destacam-se os programas de retorno ao fabricante de determinados tipos de itens limpos, como embalagens, paletes, móveis, acessórios e computadores, entre outros materiais de difícil reciclagem (KEELER, BURKE, 2010). Esses programas visam criar circuitos mais fechados e eficientes, incentivando a reintegração desses materiais na cadeia produtiva e reduzindo a necessidade de recursos naturais na fabricação de novos produtos. Essa prática contribui para a sustentabilidade ao promover a economia circular e minimizar o descarte inadequado de materiais.

Leite *et al.*, (2018) mencionam que a Resolução do CONAMA n.º 275, de 25 de abril de 2001, estabeleceu um código de cores específico para o

descarte dos diferentes tipos de resíduos. Esse código deve ser utilizado na identificação de coletores e transportadores, bem como em campanhas informativas para a coleta seletiva. Essa abordagem facilita a segregação, descarte e reciclagem dos resíduos, promovendo uma gestão mais eficiente e consciente dos materiais descartados. A padronização das cores contribui para a conscientização e o envolvimento da população na prática da coleta seletiva.

Para promover boas práticas de edificações, os empreiteiros devem elaborar um plano por escrito de gerenciamento de lixo da obra, informando, antes da construção, como pretendem gerenciar os resíduos gerados durante a obra. Nesse plano, os construtores devem descrever quais materiais serão removidos e quais serão aproveitados. Durante a construção, é recomendado o uso de contêineres para a coleta seletiva de lixo e armazenamento de resíduos mistos, com posterior troca ou destinação adequada a um aterro sanitário (KEELER, BURKE, 2010).

Embora demande muita mão de obra, a triagem de lixo na própria obra resulta em eficiência mais adiante. É importante que o plano descreva o tipo de coleta e para onde o lixo será levado – se para equipamento de reciclagem, uma entidade de coleta sem fins lucrativos, o departamento de paisagismo do município, uma troca de material ou um aterro sanitário. Os documentos são necessários por comprovarem o redirecionamento dos resíduos; por isso, os empreiteiros são obrigados a manter registros muito parecidos com aqueles das cadeias de custódia associadas à madeira com certificação de gerenciamento sustentável. (Keeler; Burke, 2010, p. 294).

Keeler e Burke (2010) enfatizam que bons planejamentos incluem as seguintes estratégias básicas:

- a) distribuir os contêineres de reciclagem de lixo em “rota importante”, tanto dentro como fora do canteiro de obras;
- b) envolver e conscientizar a equipe e os trabalhadores terceirizados em relação à gestão do lixo;
- c) adquirir materiais no atacado para evitar o acúmulo de embalagens;
- d) reaproveitar ou devolver as embalagens e contêineres aos fornecedores ou fabricantes;
- e) promover o reuso de madeiras em vez de empregar peças de

madeira novas e maiores;

f) juntar o conteúdo de sobras de latas de produtos, como tintas, evitando o desperdício;

g) misturar em lotes menores os materiais que requerem aquecimento ou mistura, procurando evitar o desperdício, principalmente quando o período de cura é rápido;

h) usar a engenharia de valor para promover o uso eficiente de materiais de construção, ou seja, utilizar o mesmo produto para diferentes fins;

i) atentar para o fato de que muitos equipamentos municipais de reciclagem aceitam lixo misto, fazendo a triagem nas usinas de reciclagem.

O redirecionamento dos resíduos de construção e demolição depende da supervisão do projeto no próprio canteiro de obras, do conhecimento da infraestrutura local de reciclagem e aproveitamento de detritos, bem como da implementação efetiva de um plano de gestão de lixo. A integração desses elementos é essencial para garantir que os resíduos sejam corretamente segregados, reciclados ou reutilizados, promovendo práticas sustentáveis na construção civil.

Dessa forma, realizar a separação dos Resíduos de Construção Civil (RCC) na fonte geradora dos resíduos pode qualificar e ampliar sua reciclagem, tornando-os adequados para reutilização. Essa prática contribui para a redução do impacto ambiental, promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável dos resíduos na construção civil.

3.3 BAIROS E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS

Comunidades sustentáveis são cidades, independentemente de seu tamanho, ou bairros construídos de modo a atender às necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas próprias necessidades. O desenvolvimento sustentável resulta da integração dos três "Es": ecologia, economia e equidade (RAIMI, WELCH, PATRICH, 2010). Essa abordagem busca equilibrar considerações ambientais, econômicas e sociais para promover soluções duradouras e responsáveis.

Existem diversas justificativas para a construção de comunidades

sustentáveis. De acordo com a Global Footprint Network, os seres humanos ultrapassaram a capacidade de carga ecológica do planeta no final de 1980 (RAIMI, WELCH, PATRICH, 2010). Essa constatação ressalta a necessidade urgente de adotar práticas e modelos de desenvolvimento que minimizem o impacto ambiental e promovam a sustentabilidade para garantir um futuro equilibrado para as gerações presentes e futuras.

Os cálculos da World Wide Fund for Nature (WWF) indicam que a pegada ecológica sobre a Terra ultrapassa os 50% da biocapacidade planetária. A pegada ecológica é uma metodologia de contabilidade ambiental desenvolvida pela WWF para avaliar a pressão do consumo humano sobre os recursos naturais, expressa em hectares globais (gha). Essa abordagem permite comparar diferentes padrões de consumo e verificar se estão dentro da capacidade ecológica do planeta, considerando tanto a produção de recursos quanto a absorção de resíduos pelos ecossistemas (WWF, 2017).

Desafios ambientais locais, como a qualidade do ar, água, gestão de resíduos e emergências climáticas, frequentemente são impactados por forças que estão além do controle do governo local.

Comunidades sustentáveis são destacadas no relatório "Mudanças Climáticas 2007" do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). O relatório enfatiza os impactos irrefutáveis do sistema climático e atribui grande parte do aumento nas médias de temperatura ao aumento nas concentrações de gases de efeito estufa causados pelos seres humanos. Essa elevação da temperatura global está associada a uma gama de impactos, desde extinção de espécies até o aumento de problemas de saúde como má-nutrição, doenças cardiorespiratórias e infecções.

A criação de comunidades sustentáveis envolve políticas públicas abrangentes que abordam diversos aspectos, incluindo implantação de edificações, projeto urbano, transporte, padrões regionais de assentamento, saúde comunitária e sustentabilidade social. O planejamento e o projeto devem considerar de maneira integrada os fatores ambientais, sociais e econômicos para promover um desenvolvimento sustentável.

3.4 MUDANÇA DE PARADIGMA – MODELO DE AZAMBUJA

Até cerca de duzentos e cinquenta anos atrás, a preocupação em relação à capacidade do planeta para sustentar as atividades humanas era praticamente inexistente. Os processos produtivos que exigiam energia mecânica eram predominantemente baseados na força humana e animal. Com a Revolução Industrial, houve uma transição significativa, resultando no aumento exponencial do consumo de energia. Nesse contexto, o conceito de progresso tornou-se intrinsecamente ligado ao aumento do conforto material, conduzindo a uma crescente demanda por matéria e energia.

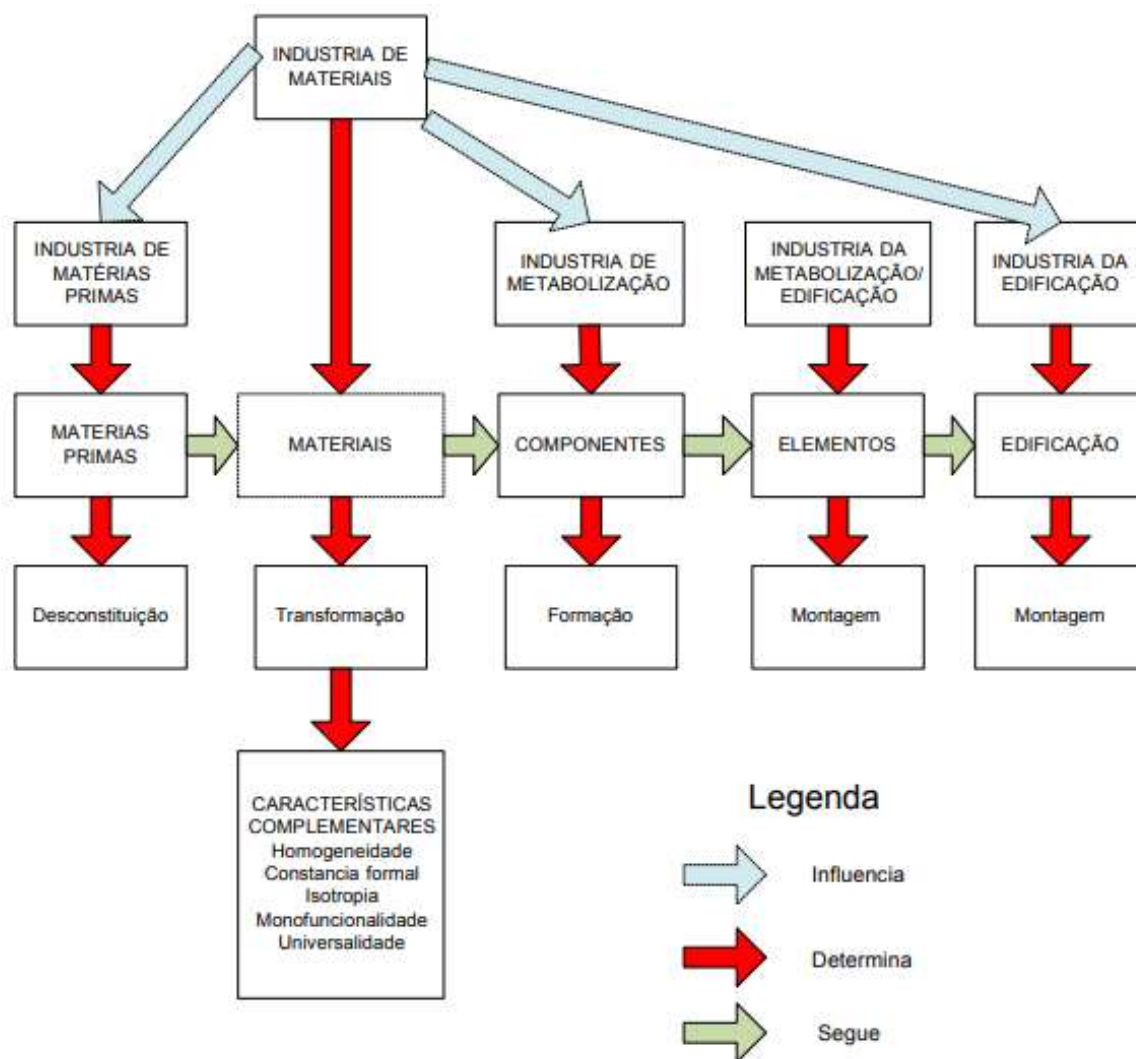
Durante aproximadamente dois séculos, esse conceito coexistiu com o paradigma desbravador, no qual meio ambiente e desenvolvimento eram vistos como antagônicos. A preservação ambiental era muitas vezes considerada incompatível com o desenvolvimento, conforme destacado por Liddle (1994). Somente a partir da segunda metade do século XX é que a sociedade começou a encarar de maneira mais séria a questão ambiental. O professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, José Alberto Azambuja (2014), propõe a adoção de um novo paradigma, alinhado aos princípios de sustentabilidade, com implicações significativas para a construção civil.

O desenvolvimento de soluções dentro do novo paradigma, pautadas pelos princípios de sustentabilidade, apresenta novos desafios tanto para a indústria da construção quanto para os profissionais envolvidos no desenvolvimento dessas soluções. Esses desafios abrangem não apenas a indústria de matérias-primas e componentes, mas também se estendem à indústria de edificações.

É imperativo sustentar um esforço contínuo na implementação progressiva de diversos princípios, como reciclagem, biodegradabilidade e multifuncionalidade. Os efeitos das mudanças climáticas evidenciam a necessidade premente de alterações nas práticas humanas em relação ao meio ambiente.

No paradigma atual há uma hegemonia da indústria de materiais de construção sobre as demais indústrias, como pode ser visto na figura 25.

Figura 25: Estrutura básica do paradigma atual

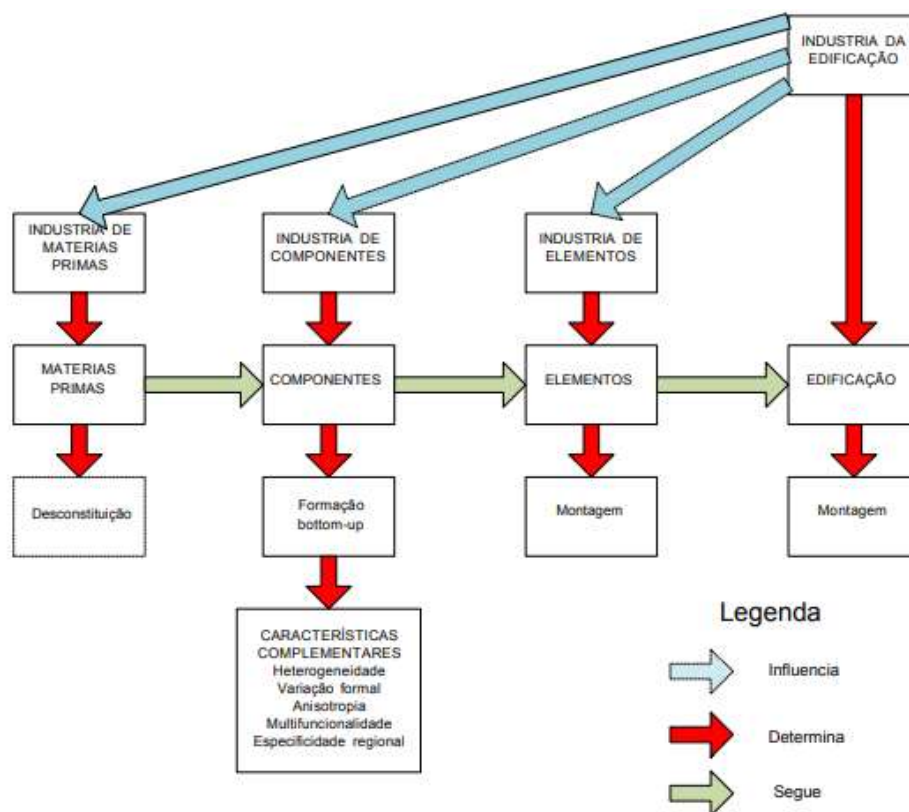


Fonte: Azambuja, 2014.

Azambuja (2014) destaca que no novo paradigma a indústria da construção assume um papel predominante, liderando o processo de desenvolvimento de novos produtos e a adoção de tecnologias inovadoras. Isso é alcançado através da implementação de novos métodos de produção, nos quais as matérias-primas são diretamente utilizadas na fabricação de componentes, eliminando a etapa de produção de materiais.

As características do paradigma proposto por Azambuja estão representadas na figura 26.

Figura 26: Estrutura básica do novo paradigma



Fonte: Azambuja, 2014.

Azambuja (2014) destaca que no paradigma atual, a vantagem da indústria de materiais é a utilização intensiva e extensiva das características de homogeneidade, constância formal, isotropia, monofuncionalidade e universalidade de seus produtos. Para que a indústria de edificações assuma um papel de liderança no processo de produção de edificações e de seus produtos intermediários, ela precisa utilizar, de maneira competitiva, processos produtivos que não dependam da indústria de materiais de construção. As indústrias, ao longo das diversas etapas, devem ter acesso a tecnologias aditivas de produção. As tecnologias aditivas, principalmente a impressão 3D, estão sendo desenvolvidas muito rápido. Também existem outras tecnologias que envolvem automontagem, em diversas escalas de produção, além de processos de fabricação em escala nanométrica, como o o *spin coating*.²⁵

²⁵ A técnica de formação de filmes por rotação ou centrifugação, do termo em inglês *spin-coating*, é uma forma de obtenção de filmes finos muito simples.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de tudo que foi discutido neste trabalho, propõe-se uma discussão baseada na visão do autor, como estudante de Engenharia Civil. O conceito de sustentabilidade tem sido amplamente discutido na últimas décadas, por instituições governamentais e não governamentais, mas a prática ainda deixa muito a desejar. A preocupação com o meio ambiente permanece muito pequena, havendo, até mesmo, quem não acredite no aquecimento global.

A busca pelo desenvolvimento sustentável evidencia-se como uma mudança cultural necessária à sociedade. O modelo atual de desenvolvimento da civilização não mais se sustenta, pois é baseado no consumo crescente de energia e de recursos naturais e, conseqüentemente, contribui para o aumento da geração de resíduos e para o esgotamento dos recursos energéticos. Diante disso, o termo “desenvolvimento sustentável” chega a ser um oxímoro, pois não há como existir tal desenvolvimento em uma sociedade em que o lucro vale mais do que a vida.

É preciso, assim, voltar o olhar ao objetivo de obtenção de edificações mais sustentáveis em conformidade com as questões ambientais e com soluções simples, como a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Além disso, acredito que deva haver um melhor direcionamento para as edificações. O rentismo imobiliário faz com que haja muitas edificações vazias, enquanto muitas pessoas dormem nas ruas. Como a construção civil gera muitos impactos ambientais, seria mais coerente que as edificações fossem efetivamente ocupadas.

Debates e pesquisas em conjunto com assuntos como meio ambiente, legislação, economia e sociedade, incluindo a participação de setores sociais, permitem melhor compreensão das características de sustentabilidade necessárias ao empreendimento, com a incorporação da efetiva integração de ecologia, economia e equidade, ou seja, dos três “Es” da construção civil sustentável. Permitem também a busca contínua do desenvolvimento tecnológico, no intuito de alcançar edificações que venham a atender às necessidades primordiais dos seres humanos, visando à preservação dos

recursos naturais renováveis e não renováveis, de baixo custo construtivo e de manutenção pós-ocupação.

Nesse sentido, as universidades são os meios de promoção de conhecimento, de forma que ações práticas de aproximação entre empresas e universidades são importantes para o sucesso dos resultados criativos e alcance do equilíbrio ecológico e sustentável.

Com base nas boas práticas de sustentabilidade na construção civil, sugere-se a implementação das seguintes medidas em residências:

- adoção de um plano de uso racional da água, com intuito de diminuir o consumo e o desperdício;
- utilização de vasos sanitários que utilizem menos água que os convencionais, implantação de um sistema de captação de água da chuva e utilização das águas cinza para irrigação de plantas e jardins;
- aproveitamento da capacidade solar para adoção de um sistema de energia renovável, utilizando placas fotovoltaicas;
- criação de estacionamento verde, aumentando a área de permeabilização do solo;
- plantação de espécimes nativas para aumentar a área verde do empreendimento, proporcionando benefícios como a diminuição da temperatura dos setores ao redor da área verde;
- implementação de coleta seletiva no empreendimento.

Conforme a pesquisa apresentada, ressalta-se a necessidade de uma reflexão sobre os conceitos de sustentabilidade e, principalmente, da possibilidade de construção de edificações com bases cada vez mais sustentáveis. No decorrer deste estudo, evidenciou-se que construir de modo sustentável, empregando-se, em todas as etapas do projeto, ações visando à utilização dos recursos naturais de forma consciente, é uma estratégia possível, desde que exista o comprometimento de todos os envolvidos.

A construção de edificações com práticas sustentáveis é uma opção para resgatar a harmonia entre o meio ambiente natural e urbano e um alerta para a necessidade de preservarem-se os recursos naturais, a fim de que estes sejam utilizados pelas futuras gerações, permitindo sua disponibilidade para que estas atendam a suas próprias necessidades. Além disso, o conhecimento

das tecnologias citadas neste estudo servirá para contribuir com a disseminação do conhecimento em relação ao tema.

Sugere-se que novos estudos sejam realizados, proporcionando a contemplação, por projetos já desenvolvidos na construção civil, das características sustentáveis e, inclusive, indicando a relação custo-benefício envolvida, a fim de incentivar-se a adoção dessas práticas e gerar transformações substanciais nesse setor.

Sugere-se também para discussões futuras o resgate de técnicas da biocultura, o uso de bambus e madeiras engenheiradas, nova tendência nos sistemas construtivos sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 15575-1**. Edificações Habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: https://saturno.crea-rs.org.br/pop/profissional/ABNT_NBR_15575_1_2024.pdf. Acesso em: 23 fev. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 9050**. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Disponível em: http://acessibilidade.unb.br/images/PDF/NORMA_NBR-9050.pdf. Acesso em: 03 fev. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO 14040**. Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7921782/mod_resource/content/1/NBR-14.040-Gest%C3%A3o-Ambiental-avaliac%C3%A3o-do-ciclo-de-vida-principios-e-estrutura.pdf. Acesso em: 03 fev. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO 14044:2009 Versão Corrigida:2014**. Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações. Disponível em: https://saturno.crea-rs.org.br/pop/profissional/ABNT_NBR_ISO_14044_2009_Versao_Corrigida_2014.pdf. Acesso em: 23 fev 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT ISO/TR14047, de 12/2016**. Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Exemplos ilustrativos de como aplicar a ABNT NBR ISO 14044 a situações de avaliação de impacto. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/11870/abnt-iso-tr14047-gestao-ambiental-avaliacao-do-ciclo-de-vida-exemplos-ilustrativos-de-como-aplicar-a-abnt-nbr-iso-14044-a-situacoes-de-avaliacao-de-impacto>. Acesso em: 03 fev. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT ISO/TR14049**. Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Exemplos ilustrativos de como aplicar a ABNT NBR ISO 14044 à definição de objetivo e escopo e à análise de inventário. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7930262/mod_resource/content/1/ISO%2014049%20-%20ACV%20-%20Exemplos%20ilustrativos.pdf#:~:text=O%20ABNT%20ISO%20FTR%2014049,Projeto%2038%3A005.01%2D007. Acesso em: 03 fev. 2024.

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Bucher, 2011.

ALMEIDA, Igor S.; COSTA, Ismael D.; RIBEIRO, Michelle M.; HEINRICH, Marianne; MOREIRA, Quele; ARAUJO, Paulo J.; LEITE, Manuela S. Reciclagem de garrafas PET para fabricação de telhas. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas – UNIT**, Sergipe, [S.l.], v. 1, n. 3, p. 83-90, 2013.

AMADO, Miguel P.; PINTO, A. J.; SANTOS, C. V; CRUZ, A. The Sustainable Building Process. *In*: XXXV CONGRESSO MUNDIAL DE CIÊNCIA DA HABITAÇÃO, RMIT University, Austrália, p. 65, 2007.

ARQUITETA desenvolve tijolo sustentável que ajuda a reduzir o impacto do carbono na construção. *In*: eCYCLE. [S.l.], 07 nov. 2013. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/arquiteta-desenvolve-tijolo-sustentavel-que-ajuda-a-reduzir-o-impacto-do-carbono-na-construcao/>. Acesso em: 17 nov. 2023.

ARYA, Paul S. Introduction to Micrometeorology. **International Geophysics Series**, Academic Press, Carolina do Norte, EUA, v. 79, p.1-415, 2001.

AZAMBUJA, José Alberto. **Sustentabilidade na Construção**: em busca de novo paradigma. Porto Alegre: UniRitter, 2014.

BARBOSA, Gisele Silva. O Desafio do Desenvolvimento Sustentável. **Revista Visões**, v.1, n. 4, jan./jun. 2008.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 12 nov. 2023.

BRASIL pode gerar mais de 8 milhões de empregos com o mercado de carbono. *In*: ENAP. [S.l.], 28 set. 2022. Disponível em: <https://www.enap.gov.br/pt/acontece/noticias/brasil-pode-gerar-mais-de-8-milhoes-de-empregos-com-o-mercado-de-carbono#:~:text=Na%20pr%C3%B3xima%20semana%2C%20a%20empresa,milh%C3%B5es%20de%20empregos%20at%C3%A9%202050>. Acesso em: 04 nov. 2023.

BRASIL. Congresso Nacional. Senado Federal. **Projeto de Lei n. 252, de 2014**. Dispõe sobre a adoção de práticas de construção sustentável. Autoria: Comissão de Direitos Humanos e Legislação Participativa. Brasília, DF: Senado Federal, 2014. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/118455>. Acesso em: 03 fev. 2024.

BRUNDTLAND, Gro Harlem (org). **Nosso Futuro Comum**: Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: FGV, 1991.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Certificado Leed**: gráficos de crescimento no Brasil. 2016. Disponível em: <http://www.gbcbrazil.org.br/graficos-empresendimentos.php>. Acesso em: 12 nov. 2023.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Selo Casa Azul**: boas práticas para habitação mais sustentável. Caixa Econômica Federal, São Paulo, v. 1, p. 1-204, jan. 2010. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/negocios-sustentaveis/selo-casa-azul-caixa/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 19 nov. 2023.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

COMO o reaproveitamento de água contribui para a segurança hídrica. *In*: EOS CONSULTORES, 2023. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/reaproveitamento-de-agua-e-seguranca-hidrica/#:~:text=Reaproveitamento%20de%20%C3%A1gua%20da%20chuva&text=Os%20principais%20benef%C3%ADcios%20s%C3%A3o%20evitar,hidrel%C3%A9tricas%20e%20o%20seu%20bolso!> Acesso em: 30 nov. 2023.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 17 jul. 2002. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002_Res_CONAMA_307.pdf. Acesso em: 03 fev. 2024.

CORRÊA, Lázaro Roberto. **Sustentabilidade na construção civil**. 2009. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CÔRTEZ, Rogério Gomes; FRANÇA, Sérgio Luiz Braga; QUESALHA, Osvaldo Luiz Gonçalves; MOREIRA, Marcos Muniz; MEIRINO, Marcelo Jasmim. Contribuições para a sustentabilidade na construção civil. **Sistemas & Gestão**, v. 6, n. 3, p. 384- 397, 2012.

DANTAS, Alex Borba Lira. Reúso de água de chuva em canteiro de obras. *In*: III WIASB. **Anais [...]**, Campina Grande: Realize Editora, 2017. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/39096>. Acesso em: 11 nov. 2023.

ELEKTROAUTO und Ladeverluste: So können Sie Kosten vermeiden. *In*: ADAC. *[S.l.]*, 13 set. 2022. Disponível em: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/laden/lade-verluste-elektroauto-studie/>. Acesso em: 29 out. 2023.

FERNANDES, André Luiz Genelhú. **Sustentabilidade das construções**. Construções para um futuro melhor. Reaproveitamento da água. 2009. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FERREIRA, Marcelo de Araújo; CARVALHO, Roberto Chust; ELLIOTT, Kim S. Avanços para análise e projeto em estruturas pré-moldadas com ligações semi-rígidas. **Concreto & Construção**, v. 59, p. 70-77, 2010.

FIGUEIREDO, Rosali. Paisagista orienta síndicos sobre as espécies mais adequadas para cada tipo de ambiente. *In*: DIRECIONAL CONDOMÍNIOS, 2015. Disponível em: <https://www.direcionalcondominios.com.br/sindicos/materiais/item/1389-paisagista-orienta-sindicos-sobre-especies-mais-adequadas-para-cada-tipo-de-ambiente.html>. Acesso em: 12 nov. 2023.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. O que é sustentabilidade? *In*: BRASIL ESCOLA. [S.l.], [s. d.]. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-sustentabilidade.htm>. Acesso em: 03 dez. 2023.

FRANÇA, Samara A. de S; ANDRADE, Aline A.; CONCEIÇÃO, Ana Carolina S.; RODRIGUES, Dayana C.; SOUSA, Lilian P. A. de. Ecoedifícios: construções ecologicamente corretas e sustentáveis, *In*: XI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL, Castanhal, 24 – 26 set. 2014. **Anais [...]**. UFPA, Castanhal/ PA, v. 11 n. 1, 2014. Disponível em: <https://anais.eneds.org.br/index.php/eneds/article/view/272/255>. Acesso em: 17 nov. 2023.

GARCIA, Martim. Cidades Sustentáveis. *In*: MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-e-territorial-urbano/urbanismo-sustentavel/construcao-sustentavel.html>. Acesso em: 30 nov. 2023.

GARTLAND, Lisa. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GIBBS, Graham. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre: Artmed, 2009. Coleção Pesquisa Qualitativa.

GIORDANO, Elton Bruno. **Fabricação de tijolos de solo-cimento com adição de cinza de bagaço de cana**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016.

GOULART, Solange. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis**. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993. Disponível em:

https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Solange_Goulart.pdf. Acesso em: 30 nov. 2023.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Certificado Leed**: gráficos de crescimento no Brasil. 2016. Disponível em: <http://www.gbcbrazil.org.br/graficos-empreendimentos.php>. Acesso em: 12 nov. 2023.

GULIN, Gleyse. Mercado de Carbono: Regulado e Voluntário. Conheça as principais diferenças e oportunidades. *In*: SAES ADVOGADOS, [S. l.], 18 jul. 2022. Disponível em: <https://www.saesadvogados.com.br/2022/07/18/mercado-de-carbono-regulado-e-voluntario-conheca-as-principais-diferencas-e-oportunidades/>. Acesso em: 17 nov. 2023.

KEELER, M; BURKE, Bill. A Avaliação do ciclo de vida (LCA). *In*: KEELER, M; BURKE, Bill. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

KEELER, Marian; BURKE, BILL. A Gestão de Resíduos de construção e Demolição. *In*: KEELER, M; BURKE, Bill. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

KIBERT, J. Charles. **Edificações sustentáveis**: Projeto, Construção e Operação. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2020.

KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos da metodologia científica**: teoria da ciência e prática de pesquisa. 14. ed. Petrópolis: Vozes, 1997.

LEITE, Izabella C. A.; DAMASCENO, João L. C.; REIS, Alexandre M.; ALVIM, Marina. Gestão de resíduos na construção civil: um estudo em Belo Horizonte e região metropolitana. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 14, n. 1, p. 159-175, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/44439/pdf>. Acesso em: 23 dez. 2023.

MAGALHÃES, Luciana Nunes de; SANTOS, Paulo Roberto Duarte Luso dos. A madeira laminada colada como material estrutural de uma construção sustentável. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p. 25-27, jul./dez. 2009. Disponível em: <http://revista.fumec.br/index.php/construindo/article/view/1736>. Acesso em: 17 nov. 2023.

MAIORIA dos brasileiros já prefere veículos elétricos. *In*: ABVE. [S.l.], 08 dez. 2020. Disponível em: <http://www.abve.org.br/maioria-dos-brasileiros-prefere-veiculos-eletricos/>. Acesso em: 29 out. 2023.

MARQUES, Frederico P.; GARCIA, Simey do V.; SANTOS, Roseane M. dos.; MAGALHÃES, Rodrigo da S.; REIS SOBRINHO, Jose Francisco.; SOUSA, Aline de; SILVA, Aline A. M. da. Fabricação do tijolo ecológico com adição de plástico reciclável PET. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 20.204-20.226, 2022.

MENDONÇA, Monalisa M. **Sustentabilidade na Construção Civil: Realidade ou Utopia?** 2010. Monografia (Curso de Especialização em Construção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

OLIVEIRA, Fernanda C. de; SANTOS, Valdete G. dos; RISSI, Vanderleia Maria da P.; BOUVIER, Victor P.; ROSA, Saulo P. da; KNUPP, Andrielly M. **Elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos da construção civil em um empreendimento hospitalar.** Multivix Vitória, 2018. Disponível em: <https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2020/08/revista-esfera-tecnologia-v04-n02-artigo02.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2024.

PEGADA ecológica de Natal. *In*: WORLD WIDE FUND FO NATURE (WWF). [S.l.], 17 mar. 2017. Disponível em <https://www.wwf.org.br/?56612/pegada-ecologica-de-natal>. Acesso em: 16. dez. 2023.

PEREIRA, Caio. Principais tipos de sistemas construtivos utilizados na construção civil. *In*: ESCOLA ENGENHARIA. [S.l.], 31 out. 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sistemas-construtivos/#:~:text=Entre%20os%20v%C3%A1rios%20sistemas%20construtivos,frame%20e%20paredes%20de%20concreto>. Acesso em: 16 nov. 2023.

PINHEIRO, Miguel Duarte. Construção Sustentável: mito ou realidade? *In*: VII CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DO AMBIENTE, Lisboa, 6 e 7 nov. 2003. **Anais [...]**, Lisboa, 2003. Disponível em: https://www.academia.edu/1395009/Constru%C3%A7%C3%A3o_Sustent%C3%A1vel_Mito_ou_Realidade. Acesso em: 17 nov. 2023.

O PROCESSO AQUA em detalhes. *In*: PORTAL VANZOLINI. 2016. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/o-processo-aqua-em-detalhes>. Acesso em: 16 nov. 2023.

PROGRAMA NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES.

Procel Info: centro brasileiro de informações de eficiência energética. 2016. Disponível em: <https://www.procelinfo.com.br/data/pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46EOFFDBD124A0FF0197d2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>>vanzolini.org.br/aqua/o-processo-aqua-em-detalhes. Acesso em: 16 nov. 2023.

RAIMI, M; WELCH, A; PATRICK, S. P. Os Bairros e as Comunidades Sustentáveis. *In*: KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis.** Porto Alegre: Bookman, 2010.

RAMOS, Gabriela Marques dos. Reuso de Água na Construção Civil. *In*: FLUSH ENGENHARIA. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://www.flushengenharia.com.br/reuso-de-agua-na-construcao-civil>. Acesso em: 17 nov. 2023.

RIGHI, Débora Pedroso; KOHLER, Lucas Guilherme; ANTOCHEVES, Rogério; SANTOS NETO, Almir Barros da S.; MOHAMAD, Gihad. Cobertura verde: um uso sustentável na construção civil. **Mix Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 29-36, 2016. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/9cf9/56cc4f379b4969dcba2f8d9611a39ba29683.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2023.

SALLES, Carolina. Mais econômicas, lâmpadas fluorescentes podem causar danos ambientais à saúde. *In*: JUSBRASIL. [S.l.], 2014. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/noticias/mais-economicas-lampadas-fluorescentes-podem-causar-danos-ambientais-e-a-saude/125564867>. Acesso em: 03 fev. 2024.

SHAHSAVAR, A.; SALMANZADEH, M.; AMERI, M.; TALEBIZADEH, P. Energy saving in buildings by using the exhaust and ventilation air for cooling of photovoltaic panels. **Energy and buildings**, v. 43, n. 9, p. 2219-2226, 2011.

SEVERIANO JUNIOR, Wagner Oliveira. Construção Verde: Emprego de Recursos Renováveis na Construção Civil. **Revista Ibero-americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 7, p. 792-807, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.51891/rease.v7i7.1719>. Acesso em: 29 out. 2023.

SILVA, João Carlos Roberto Campanelli; RODRIGUES, Júlio César Cardoso. Acessibilidade no espaço público urbano: um novo desafio para a sustentabilidade. *In*: IV ENCONTRO NACIONAL e II ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS. **Anais [...]**, 2007.

SILVA, Diogo Hilário da; SANTANA, Edjane da Silva; SILVA, Jessica Ferreira Tiburcio; ALMEIDA, Suelane; LIMA, Sandovânio Ferreira de. Construção sustentável na engenharia civil. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas – UNIT**, Alagoas, v. 4, n. 2, p. 89, mar. 2018. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5204>. Acesso em: 29 nov. 2023.

SILVA, Lucas R. R. da. **Análise de propriedades do concreto autoadensável com resíduo polimérico**. 2020. Dissertação (Mestrado em Materiais para Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Materiais para Engenharia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2020.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC). **Relatório Anual**. 2020. Disponível em: http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2020.pdf. Acesso em: 23 fev. 2024.

SOARES, S. R.; SOUZA D. M.; PEREIRA, S. W. A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil. *In*: SATTLER, Miguel Aloysio; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Construção e Meio Ambiente**. Porto Alegre: Antac,

2006. Coletânea HABITARE, v. 7.

SOUSA, Rafaela. Sustentabilidade. *In*: BRASIL ESCOLA. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/educacao/sustentabilidade.htm>. Acesso em: 30 nov. 2023.

SOUZA, Anna Freitas Portela de. **A sustentabilidade no uso da madeira de floresta plantada na construção civil**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/93567>. Acesso em: 17 nov. 2023.

SOUZA, Laurilan Gonçalves. Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame. **Revista Especialize On-Line**, jan. 2013. Disponível em: <http://www.ipog.edu.br/nao-aluno/revista-ipog/artigos/edicao-n-4-2012>. Acesso em: 16 nov. 2023.

STELLA, Isadora Zolet. **Estratégias para Redução dos Impactos Ambientais Provocados pela Construção Civil**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

TASSI, Rutinéia; TASSINARI, Lucas Camargo da S.; PICCILLI, Daniel Gustavo Allasia; PERSCH, Cristiano Gabriel. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 139-154, 2013. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/38866>. Acesso em: 03 nov. 2023.

TAVARES, Sérgio Fernando. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

WANG, Shiyong; GE, Mengpin. Transporte é a fonte de emissões que mais cresce. Veja o que dizem os números. *In*: WRI BRASIL, 21 out. 2019. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/transporte-e-fonte-de-emissoes-que-mais-cresce-veja-o-que-dizem-os-numeros>. Acesso em: 15 nov. 2023.