

Recebido:	Ago/2023
Publicado:	Dez/2023

TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS APLICADAS NA ENGENHARIA CIVIL: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE PARANAÍ-PR

Ivan Roberto Moreira 0009-0009-4965-2695

Centro universitário UniFatecie

Prof.^a Me. Angélica Vinci do Nascimento Gimenes Rios 0000-0002-8670-5364

Centro universitário UniFatecie

RESUMO: As discussões ambientais têm ocupado cada vez mais espaço nas demandas urgentes no mundo, sendo a construção civil uma das maiores indústrias geradoras de impacto ambiental. O objetivo deste estudo foi identificar quais tecnologias sustentáveis podem ser utilizadas na Engenharia Civil, buscando viabilidade de uso a nível regional com foco no município de Paranaíba-PR. A metodologia adotada foi de uma pesquisa qualitativa que buscou, selecionou e analisou estudos científicos que abordam o tema tecnologias sustentáveis na Engenharia Civil, além da aplicação de um questionário em empresas construtoras do município. Por meio do questionário percebe-se um número reduzido de projetos contendo elementos sustentáveis. Dos 432 projetos elaborados em

2022 por essas empresas, apenas 74 desses continham um dos elementos estudados, sendo observado que apenas uma das empresas, das dez questionadas, possui certificação ambiental. Por meio do estudo foi possível levantar algumas tecnologias sustentáveis, tais como o uso de tijolo-cimento, placas fotovoltaicas, resíduos da construção civil, biovaletas, pavimentos permeáveis, telhado verde, reaproveitamento de água da chuva, entre outros, os quais pode-se concluir que de certa forma podem ser aplicados no município e região, desde que sejam avaliados o local de origem, transporte de materiais, necessidade de mão de obra qualificada, manutenção e aceitação do público alvo.

PALAVRAS-CHAVE: Impactos ambientais. Construção sustentável. Telhado verde.

CONCEPTION OF A LONG-STAY INSTITUTION OBSERVING ACCESSIBILITY, FIRE DEPARTMENT AND HEALTH SURVEILLANCE RULES

ABSTRACT: Environmental discussions have gained more and more space in the urgent demands of the world, with civil construction being one of the largest industries that generate an environmental impact. The objective of this study was to identify which sustainable technologies can be used in Civil Engineering, seeking feasibility of use at a regional level with a

focus on the municipality of Paranaíba- PR. The methodology adopted was a qualitative research that sought, selected and analyzed scientific studies that address the theme sustainable technologies in Civil Engineering, in addition to the application of a questionnaire in construction companies in the municipality. Through the questionnaire, a small number of projects that contain

sustainable elements can be observed. Of the 432 projects prepared that year by these companies, only 74 of these contained one of the elements studied, and it was observed that only one of the ten companies questioned has environmental certification. Through the study it was possible to identify some sustainable technologies, such as the use of brick-cement, photovoltaic panels,

construction waste, bio-culverts, permeable floors, green roofs, reuse of rainwater, among others, and it can be concluded that, in a way, they can be applied in the municipality and region, as long as the place of origin, transport of materials, need for qualified labor, maintenance and acceptance of the target public are evaluated.

KEYWORDS: Environmental impacts. Sustainable construction. Green roof. Ecologic brick.

INTRODUÇÃO

No que diz respeito aos recursos não-renováveis, se tem cada vez mais a conscientização do homem em relação ao desenvolvimento sustentável, visando à criação de soluções que favoreçam a prosperidade sem que isso implique em regredir qualquer setor dos sistemas que movem a economia global, seja ele político, econômico, social ou ambiental.

A sustentabilidade tem como característica garantir uma melhor qualidade de vida para as presentes e futuras gerações, o que implica na necessidade de conciliar o desenvolvimento econômico com o uso equilibrado dos recursos naturais (ROMEIRO, 2012).

Em razão disto, nas últimas duas décadas, o movimento sustentável adentrou na maioria das áreas da sociedade, incluindo a Engenharia Civil. Esta nova realidade tem conduzido a um novo paradigma para atuação dos profissionais deste ramo, pois, foi preciso repensar as práticas a fim de planejar e executar obras com ambientes confortáveis e reduzindo o uso de recursos naturais (SANTOS et al., 2010).

Um dos fatores primordiais para refletir sobre a relação entre sustentabilidade e construção é o crescimento populacional mundial, no qual em 2017 se contava com 7,6 bilhões de pessoas e que em 2030 pode chegar a 8,6 bilhões (HU et al., 2015).

Este crescimento acelerado exige uma permanente ampliação da infraestrutura (água e esgoto, energia elétrica, transporte e telecomunicações) que acarreta consequências ambientais, sociais e econômicas negativas advindos do elevado consumo de recursos naturais e grande produção de resíduos sólidos na construção civil, bem como de sua destinação incorreta (ALVES et al., 2021).

Conforme Cunha (2016), a fabricação e o transporte de materiais para a construção civil podem ter uma grande contribuição nas emissões de carbono afetando o Efeito Estufa, além disso, a mineração de matérias-primas pode resultar na poluição dos lençóis freáticos locais.

A construção também resulta em uma alta produção de resíduos sólidos. Conforme o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, publicado em 2021 pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), só o Brasil em 2020 gerou cerca de 47 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD), o que significa um índice de 221,2 kg por habitante/ano.

Dentre os resíduos produzidos pode-se ter materiais perigosos que, quando descartados de maneira incorreta, podem resultar em poluição que afeta não apenas o meio ambiente, mas também a saúde das pessoas que vivem nessa área (SILVA, 2017).

Devido à complexidade que envolve os projetos de construção civil, dificultando o equilíbrio entre as questões econômicas, ambientais e sociais, se tem o aumento de pesquisas (teóricas e práticas) buscando contribuir para ampliação do conceito de sustentabilidade nesse ramo (ALVES et al., 2021).

A construção civil é uma das indústrias que mais consomem recursos naturais e também está entre as que mais produz resíduos poluentes em todo mundo. Esse ramo utiliza 60 % das matérias-primas disponíveis no planeta e é responsável por 36% do uso mundial de energia e 40% das emissões de CO₂ (dióxido de carbono) (CUNHA, 2016).

Desse modo, adotar métodos de construção sustentáveis significa buscar opções que visam minimizar os impactos ambientais gerados e agregar qualidade de vida aos usuários da edificação e a população em geral.

Assim sendo, o objetivo geral deste estudo é identificar quais tecnologias sustentáveis podem ser utilizadas na Engenharia Civil, buscando viabilidade de uso a nível regional com foco no município de Paranavaí-PR. Para isso serão realizados levantamentos bibliográficos em livros, artigos, dissertações e teses, além de verificações de materiais e mão-de-obra no município e de aplicação de questionário em empresas construtoras.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 SUSTENTABILIDADE

A produção de bens e a vivência das pessoas, altera o meio ambiente de diversas formas, gerando degradação ambiental e provocam consequências indesejadas (PEIXOTO et al., 2017).

O intenso processo de produção de bens para promoção do desenvolvimento econômico gera impactos ambientais com desdobramentos sociais, pois, a questão da preservação ambiental é necessária para garantir o futuro da humanidade. Compreende-se que é preciso conciliar o desenvolvimento social com o econômico e o ambiental (SATTLER et al., 2000).

A preocupação com o agravamento dos problemas ambientais fez emergir o movimento de responsabilidade socioambiental. No ano de 1972 ocorreu a 1ª convenção da Organização das Nações Unidas (ONU) realizada em Estocolmo (Suécia), da qual foi analisada a necessidade

de preservação do meio ambiente, por meio da utilização racional de recursos naturais (DIAS, 2017).

A partir deste entendimento, esforços passaram a ser empreendidos em todo o mundo a fim de conciliar desenvolvimento econômico, ambiental e social com vistas à preservação dos recursos naturais, considerando que estes são esgotáveis (SOUZA et al, 2021). Para Jacobi (2006) a noção de sustentabilidade implica em uma inter-relação necessária entre justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental e a ruptura com o atual padrão de desenvolvimento econômico que degrada o meio ambiente.

O termo “sustentável” teve origem da palavra “Nachhaltend” ou “Nachhaltig” (longevidade) do alemão, em francês “durabilité” (durável) e em holandês *duurzaamheid* e *Duurzaam* (sustentável). Nesse contexto, o termo reflete uma solução à escassez de recursos naturais desde a antiguidade, consolidando-se ao longo do tempo na cultura humana, em busca da utilização desses recursos de forma contínua e perpétua (FEIL; SCHREIBER, 2017).

Diante dos graves problemas ambientais, é preciso criar estratégias de ação para o enfrentamento desta situação a fim de promover a conscientização dos sujeitos sociais, estimulando a rever as práticas cotidianas relacionadas ao consumismo desenfreado (NASCIMENTO, 2012).

Na visão de Romeiro (2012), o desenvolvimento sustentável nos dias de hoje reflete a problemática da degradação ambiental na medida em que se incorpora a necessidade de adoção de parâmetros de sustentabilidade. O grande desafio do homem contemporâneo é a criação de programas de sustentabilidade ambiental que revertam à situação de agressão e destruição ao meio ambiente.

Assim, a sustentabilidade inclui ações para reduzir a utilização de recursos naturais, a adoção de medidas para reverter o quadro de degradação e uso racional dos recursos renováveis e não renováveis. Neste sentido, as ações de sustentabilidade buscam o redesenho dos processos de produção e de produtos para eliminar a produção de materiais tóxicos, visando à proteção e recuperação dos habitats naturais (SARTORI et al., 2014).

1.2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As discussões ambientais têm ocupado, gradativamente, cada vez mais espaço nas demandas urgentes dos países, desenvolvidos ou não, de modo que a quantidade de resíduos

deixados por ações de construções tornou-se um dos centros de discussões da sustentabilidade (OCTAVIANO, 2010).

A partir desta realidade é preciso refletir aspectos da sustentabilidade na construção civil, considerando que a matéria-prima utilizada por indústrias deste ramo, sendo que é geradora de um terço estimado do lixo global do mundo e pelo menos 40% das emissões mundiais de dióxido de carbono (BRIZOLLA et al., 2017).

Nessa direção, John et al. (2007) apontam que o setor de construção de edificações pode consumir até 75% dos recursos extraídos da natureza, sendo a maior parte não renovável. Isso porque, a produção, o transporte e o uso de materiais corroboram para a poluição global, assim como as emissões de gases de efeito estufa e de poluentes do ambiente externo de edificações.

Octaviano (2010) verificou em seu estudo que a adoção de práticas sustentáveis na construção reduz a degradação ambiental e gera benefícios ao meio ambiente urbano e a seus habitantes. Alguns exemplos são a redução no consumo de água ao reutilizar e captar águas pluviais, menores índices de emissão de carbono na atmosfera e diminuição de resíduos sólidos na construção civil.

Yemal et al. (2011) evidenciaram que a sustentabilidade gera muitos benefícios como por exemplo: reaproveitamento de materiais na construção civil, redução nas compras, diminuição de gastos, menor geração de resíduos, diminuindo custo com a remoção dos materiais, e a diminuição do impacto ao meio ambiente. Contudo, ainda existem muitos desafios para conciliar a sustentabilidade à construção civil.

Sattler et al. (2000) consideram que o planejamento para a construção de edificações deve ter como base o conceito de desenvolvimento sustentável, conforme delineado por Sachs (2003) e apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Dimensões para o planejamento do desenvolvimento.

Sustentabilidade social	O objetivo é melhorar substancialmente os direitos e as condições de amplas massas de população e reduzir a distância entre os padrões de vida de abastados e não-abastados.
Sustentabilidade econômica	Possibilitada pela alocação e gestão mais eficiente dos recursos e por um fluxo regular do investimento público e privado.
Sustentabilidade ecológica	É alcançada através da intensificação do uso dos recursos potenciais dos vários ecossistemas, proporcionando o menor dano possível aos mesmos, da limitação do uso de recursos não renováveis, da redução do volume de resíduos e de poluição, do estabelecimento de limites de consumo para países ricos, da intensificação da pesquisa de tecnologias limpas e da proposição de regras para a proteção ambiental, definindo instrumentos econômicos, legais e administrativos necessários para o cumprimento dessas regras.
778Sustentabilidade espacial	Está voltada a uma configuração rural-urbana mais equilibrada e a uma melhor distribuição territorial de assentamentos humanos e atividades econômicas,

	buscando a diminuição das concentrações excessivas nas áreas metropolitanas e da destruição dos ecossistemas, a promoção da agricultura regenerativa e da industrialização descentralizada e, ainda, o estabelecimento de uma rede de reservas naturais e de biosfera para proteger a biodiversidade
Sustentabilidade cultural	É alcançada através da tradução do conceito normativo de ecodesenvolvimento em uma pluralidade de soluções particulares que respeitem as especificidades de cada ecossistema, de cada cultura e de cada local.

Fonte: Adaptado de SANCHES (2003) apud SATTLER et al. (2000).

Sobre a aplicabilidade das soluções e tecnologias sustentáveis na construção civil, Lacerda e Pereira (2020) salientam que está associada com o conceito de Arquitetura inteligente, ou seja, considera os elementos que estão relacionados com edificação e seu entorno, priorizando conforto térmico e acústico, a eficiência energética, como também proporcionar maior flexibilidade aos ambientes construídos.

Desde o início da década de 1990 o uso de tecnologias sustentáveis na construção civil vem ganhando cada vez mais espaço no mercado brasileiro e tem se tornado um fator de competitividade entre as empresas deste ramo, uma vez que demonstra vantagens aquelas empresas que modernizam seus produtos e serviços que também que estejam associados ao paradigma da sustentabilidade nos canteiros de obras (BESEN; SILVA, 2017).

1.3 CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Uma forma de medir a sustentabilidade em imóveis comerciais é por meio de certificações ambientais também denominadas de certificações verdes, que buscam estabelecer padrões de sustentabilidade e são usadas para avaliar o desempenho de um edifício ou outro projeto imobiliário comercial. As certificações de construção verde variam significativamente com base em seu objetivo, administrador e destaque no setor. Exemplos de certificações ambientais são o selo LEED e o processo AQUA (GRÜNBERG et al., 2014).

A *Leadership In Energy And Environmental Design* (LEED) é uma certificação para construções sustentáveis que é emitida pela U.S. *Green Building Council*, que utiliza como critérios o uso racional de recursos para construção de edificações (CASTRO et al., 2018).

No Brasil, o selo é representado pelo *Green Building Council Brasil*, criado em 2007, que tem por finalidade contribuir para promover o desenvolvimento sustentável na construção civil.

O procedimento para a obtenção do certificado ocorre por meio do cadastro do projeto junto à organização, seguido do preenchimento e envio de formulários e documentos

verificados durante as fases de planejamento, implantação e uso do edifício (SILVA; FREITAS, 2016).

Conforme os autores, este é avaliado através de sistemas de classificação que pontuam os edifícios segundo critérios de: espaço sustentável, localização, entorno, eficiência no uso de água e energia, qualidade do ar, materiais utilizados, qualidade ambiental interna, inovação e processo de projeto.

O processo Aqua (Alta Qualidade Ambiental), inaugurado em abril de 2008, é resultado da adaptação do selo francês Démarche HQE (*Haute Qualité Environnementale*) e também pode ser aplicado a qualquer tipo de edificação. A certificação foi elaborada por pesquisadores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e é concedida pela Fundação Vanzolini (LEITE, 2011).

Durante o procedimento de obtenção do selo, são avaliadas 14 categorias (subdivididas em quatro grupos: ecoconstrução, ecogestão, conforto e saúde) em três etapas fiscalizadas por auditorias autônomas e presenciais, podendo ser emitida uma certificação em cada uma delas (GRÜNBERG et al., 2014).

A primeira fiscalização ocorre durante a fase de planejamento do edifício (programa), a segunda ao término do projeto (concepção), e a última, após a conclusão da obra, quando esta for entregue aos seus usuários (realização). Os empreendimentos, para que sejam certificados, devem atingir resultado de desempenho ambiental, no mínimo com padrão “excelente” em três aspectos, “superior”, em quatro e “bom” em sete critérios, não se podendo escolher os quesitos nos quais se deseja pontuar (GRÜNBERG et al., 2014).

Outro tipo de certificação encontrada no Brasil é o Procel Edifica, um dos subprogramas do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica do Brasil e que foi criado em 2003, como decorrência da Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (Lei nº 10.295/2001), cujo decreto regulamentador (Decreto nº 4.059/2001) fixou a regulamentação específica para os indicadores técnicos de níveis de eficiência energética no país (LEITE, 2011).

O programa, que tem como objetivo a sedimentação dos alicerces necessários à racionalização do uso da energia nas edificações brasileiras, lançou, no primeiro semestre de 2009, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), primeiramente voltada para edifícios comerciais, de serviços e públicos, os quais, segundo o Ministério de Minas e Energia, são responsáveis por cerca de 46% de toda a energia elétrica consumida no Brasil.

Recentemente, contudo, esta foi expandida para prédios residenciais (CARLO; LAMBERTS, 2010).

No quesito construção sustentável, no Brasil ainda se tem o Selo Casa Azul + CAIXA, um instrumento de classificação ASG (Ambiental, Social e Governança) que é utilizado para construção habitacional tendo em vista a adoção de soluções sustentáveis no projeto, concepção, execução, uso, ocupação e manutenção das edificações.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para atender ao objetivo deste estudo foi realizada uma pesquisa qualitativa. Minayo (2010) afirma que a pesquisa qualitativa tem como característica a objetivação do fenômeno, buscando descrever, compreender e explicar o fenômeno.

Quanto aos procedimentos, pode-se afirmar o uso de duas metodologias, sendo feita primeiramente uma pesquisa bibliográfica simplificada, com a seleção de fontes em base de dados digitais, tais como Google Acadêmico, Plataforma Sucupira, Plataforma Scielo e repositórios de instituições de ensino superior, levantando dados em artigos científicos, teses, monografias, dissertações e e-books afim de selecionar as tecnologias sustentáveis mais utilizadas, suas vantagens e desvantagens.

Segundo Gil (2007, p.64), a “pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”.

Além do levantamento bibliográfico, foi feito um estudo de caso com registro fotográfico e visitas em empresas construtoras, com aplicação de questionário elaborado pelo autor e apresentado no Apêndice A.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentre as metodologias e técnicas construtivas sustentáveis encontradas na pesquisa bibliográfica, foram selecionadas 8 (oito) tipologias que serão discutidas e analisadas no presente trabalho, sendo elas os pavimentos permeáveis, as biovaletas, construções verdes ou coberturas verdes, reaproveitamento da água de chuva, painéis fotovoltaicos, utilização de resíduos da construção civil, tijolos ecológicos (solo-cimento) e uso de materiais alternativos.

Foram consultadas empresas do ramo da construção civil do município de Paranavaí-PR, sendo no total obtidos respostas de 10 empresas, as quais permitiram a exposição dos

nomes. Assim a pesquisa adquiriu respostas das seguintes empresas: Sordi Engenharia, IJD Arquitetura, Forte Engenharia, Supera Arquitetura e Edificações - Engenharia, Yutaka Kobayashi Engenharia Ltda, OWR Construções Civis LTDA, Engenharia Zoccante, OKKA Arquitetura, Engenharia LTDA, Local Empreendimentos imobiliários (Notti) e Arrais Engenharia Ltda.

Sobre a aplicabilidade das soluções e tecnologias sustentáveis na construção civil, Lacerda e Pereira (2020) salientam que está associada com o conceito de arquitetura inteligente, ou seja, considera os elementos que estão relacionados com edificação e seu entorno, priorizando conforto térmico e acústico, a eficiência energética, como também proporcionar maior flexibilidade aos ambientes construídos.

3.1 ESTUDO DO PERFIL DAS EMPRESAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM PARANAVAI-PR

Os dados analisados junto às empresas no município, apresentados na Figura 1, revelaram que todas utilizaram algum tipo de tecnologia sustentável em seus projetos, tanto dos que já foram realizados ou que estão em andamento.

Figura 1. Resultados do questionário aplicado nas empresas.



Fonte: Autor (2022).

Como pode-se observar na Figura 1, foi verificado que apenas uma dessas empresas possui certificação ambiental, o que já demonstra a pouca procura para um melhor desempenho ambiental nos projetos no município.

Além das respostas apresentadas, ainda foram levantados o número de projetos elaborados no último ano pela empresa e quantos deles apresentaram alguma tecnologia sustentável (Quadro 2). Ao todo foram elaborados 432 projetos e apenas 74 desses continham um dos elementos estudados, o que mostra uma menor preferência pela população por tecnologias sustentáveis em projetos.

Quadro 2. Quantidade de projetos vs. Tecnologias sustentáveis.

Questão/Empresa	YUTAKA	ZOCCANTE	OKKA	OWR	SORDI	SUPER A	IJD	LOCAL	FORTE	ARRAIS
Nº2	65	8	30	15	150	10	48	16	50	40
Nº9	8	4	5	10	5	1	4	4	30	3
% de Projetos com tecnologias sustentáveis	12%	50%	17%	67%	3%	10%	8%	25%	60%	8%
Obs: Nº2 - No último ano quantos projetos a empresa elaborou? Nº9 - Algum projeto no último ano continha alguma tecnologia sustentável (reaproveitamento de água de chuva, placa fotovoltaica, pavimento permeável, material alternativo, telhado verde, etc..)? Se sim em quantos projetos?										

Fonte: Autor (2022).

Do total de empresas entrevistadas (10), somente 3 empresas se destacaram pelo percentual de tecnologias sustentáveis adotadas em projetos, sendo elas a OWR Construções Civis LTDA, Forte engenharia e a Engenharia Zoccante.

Embora, essas empresas apresentem percentuais altos, apenas a Forte Engenharia apresentou um número significativo tanto em relação aos seus próprios projetos quanto no panorama geral analisado. A Sordi Engenharia embora tenha mais projetos produzidos no ano de 2022, se comparada as outras empresas, o número de projetos sustentáveis é o menor.

Vale ressaltar que as decisões de projeto vão além do Engenheiro Civil, mas também das preferências dos clientes proprietários das edificações, o que dificulta na parametrização do perfil da empresa. Alguns itens do questionário serão explanados nos tópicos subsequentes.

3.2 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

O intenso fenômeno de urbanização gera impactos no uso e ocupação do solo que estão associados também às construções civis que interferem na drenagem das águas pluviais devido à questão da impermeabilização do solo, o que interfere no ciclo hidrológico e que também

pode acarretar em uma maior frequência de inundações nos centros urbanos (PEREIRA,2020) (MOTTA, 2020).

Em seu estudo sobre tecnologias sustentáveis na Engenharia Civil, Santos et al. (2010) destacam que a área permeável deve ser aplicada para promover a sustentabilidade na edificação, permitindo que a água penetre diretamente o solo, flua e reabasteça os corpos d'água subterrâneos.

Por meio dos estudos analisados percebe-se que, devido ao aproveitamento do espaço para as demandas construtivas, tem-se utilizado muito os pavimentos permeáveis em áreas sociais ou estacionamentos.

Isto ocorre porque os pavimentos permeáveis são dispositivos que possibilitam a infiltração completa ou parcial da água através do mecanismo de absorção que transfere a água por meio de uma superfície permeável, para um reservatório de brita com graduação constante que é construída sobre o perfil do terreno (PINTO, 2011).

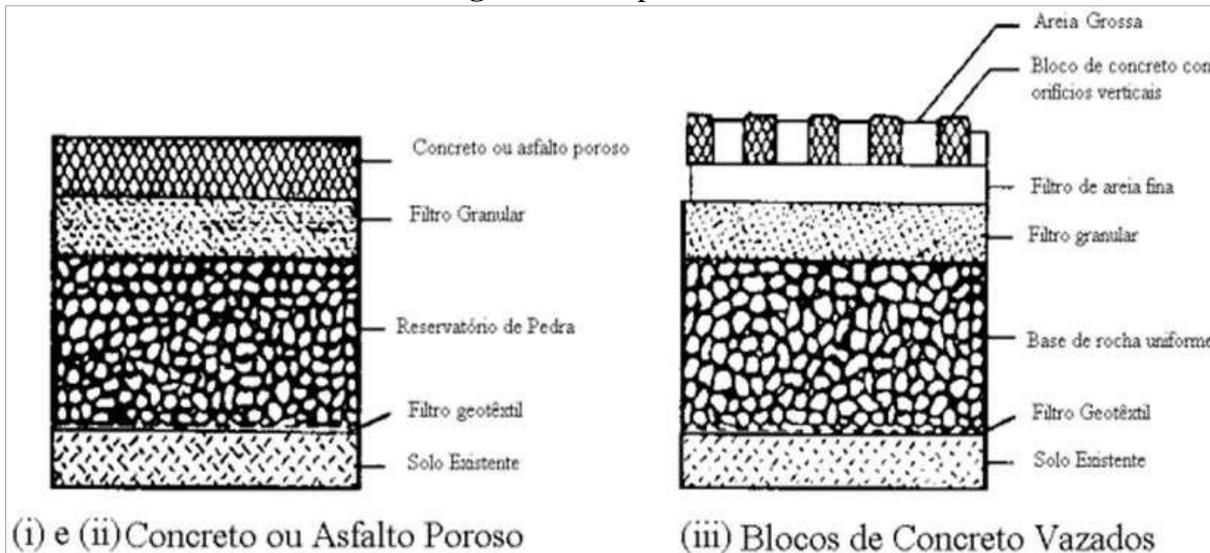
Assim, a utilização de pavimentos permeáveis em áreas urbanas busca propiciar melhoria na qualidade da água, reduzir a vazão drenada na superfície e possibilitar que ocorra ampliação da recarga dos aquíferos subterrâneos que são essenciais para o consumo humano (PEREIRA, 2020).

Ainda nesse sentido, é possível afirmar que a permeabilidade planejada e executada corretamente na construção civil evita danos ambientais, uma vez que, conforme Althof (2017), o uso de áreas permeáveis aumenta o escoamento de águas pluviais e o depósito de sedimentos, contribuindo para que as águas fluam em seu curso sem gerar poluentes ou destruir a mata ou a vida aquática.

Os pavimentos permeáveis podem ser compostos por blocos individuais fabricados normalmente em concreto com diversas formas geométricas, podendo ser completamente maciços ou possuir uma área vazada. Tais blocos são peças pré-moldadas de concreto que são classificadas, dependendo das suas dimensões, como peças de concreto para pavimentação intertravada ou como placas de concreto (ALMEIDA, 2016).

A permeabilidade no projeto arquitetônico é um dos fatores que geram conforto aos usuários e podem integrar e constituir espaços de convivência e de lazer em áreas comuns públicas (ALTHOF, 2017). Santos et al. (2010) apresentam o desenho de um piso permeável, conforme se analisa na Figura 2.

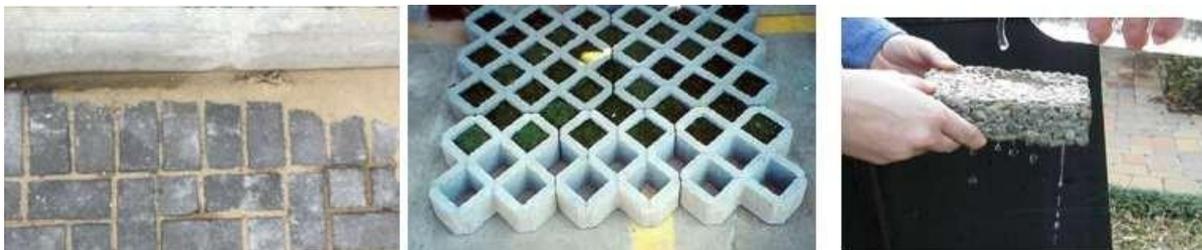
Figura 2. Piso permeável.



Fonte: Santos (et al). 2010.

É necessário analisar o nível do lençol freático, sistema de drenagem abaixo do pavimento, condições do solo, níveis de precipitações na região para que se possa escolher o pavimento permeável mais adequado (PEREIRA, 2020). Concreto poroso, *blockets* ou *pavers* e Concregrama são exemplos de pavimentos permeáveis (Figura 3), sendo as etapas apresentadas no Quadro 3.

Figura 3. Tipos de pavimentos permeáveis.



Fonte: Santos (et al). 2010. Baulé (2018)

Quadro 3. Etapas para a execução do pavimento permeável.

ETAPA	CARACTERÍSTICAS
Preparação do subleito	A camada deve apresentar-se limpa, sem presença de plantas, raízes ou qualquer tipo de matéria orgânica. Deve atender a cota e declividades de projeto e, caso haja tubulações de drenagem, estas devem ser feitas conforme projeto e direcionadas para um sistema de drenagem ou uma caixa de detenção.

Posicionamento da manta geotêxtil	Etapa não obrigatória, caso existente, tem como função evitar o carreamento de finos para as camadas subjacentes, sendo posicionada logo acima do subleito
Assentamento das peças de concreto	Deve ser garantida, antes da colocação das peças, a estabilidade horizontal do sistema através da colocação de contenções laterais, podendo ser de estruturas rígidas ou de dispositivos fixados na base do pavimento.
Rejuntamento	Após assentadas as peças, espelhar o material de rejuntamento seco sobre a camada de revestimento de maneira que se forme uma camada fina e uniforme
Compactação	deve ser feita por meio de placas vibratórias que proporcionem a acomodação das peças sem danificá-las

Fonte: Adaptado de Alencar (2013).

Percebe-se que a finalidade do uso de pavimentos permeáveis é proporcionar uma melhoria no quesito ambiental, englobando aspectos sociais, e econômicos também, sendo a principal vantagem observada a melhoria na drenagem das águas, possibilitando aumentar a recarga de águas subterrâneas, melhorando também o escoamento das águas superficiais, o que evita enchentes e reduz a poluição.

No município de Paranavaí-PR já se verifica o uso da aplicação desta tecnologia sustentável para a construção de calçadas com área permeável (Figura 4), pois, neste ambiente não há trânsito de veículos pesados gerando maior durabilidade. Além disso, por se tratar de um espaço menor os custos de manutenção se tornam reduzidos.

Figura 4. Calçada com área permeável em Paranavaí-PR.



Fonte: Autor (2022)

No município de Paranavaí-PR, das 10 empresas que responderam ao questionário, 6 empresas (Forte Engenharia, SUPERA – Arquitetura e Edificações, IJD Arquitetura, Local Empreendimentos imobiliários, OWR Construções Civas LTDA e Arrais Engenharia Ltda) afirmaram já terem utilizado pavimentos permeáveis em seus projetos, ou seja, 60% das empresas analisadas.

Uma das empresas questionada, a OWR Construções Civas LTDA, ainda respondeu que por ser obrigatório deixar pelo menos 20% do terreno com área permeável o uso de pavers é uma alternativa muito satisfatória.

Em Paranavaí-PR se tem vários pontos de alagamento, entre eles na Rua Rio Grande do Norte, em frente ao BodyFit (Figura 5), na Rua Adibe Aburad, em frente ao Cemitério e Academia Beko e no cruzamento da Rua Bahia com a Rua Antônio Vendramin (Jardim Ouro Branco).

Figura 5. Alagamento da via em frente a academia Body Fit.



Fonte: Autor (2022)

O uso de pavimentos permeáveis nas calçadas, para a circulação de pedestres seria uma forma de buscar a redução de alagamento nesses pontos, embora seja necessária uma verificação da eficiência do sistema de drenagem com suas devidas manutenções (ALMEIDA, 2013).

No município existem 7 empresas (Itália Paver, Carlos Calçadas, Elias Paver, Mabotti Artefatos de Cimento, Concretize, Ono Paver, Noroeste Pré Moldado) que executam esse serviço, sendo assim fácil o acesso a essa opção de material sustentável para se aplicar em projetos de residências e edifícios comerciais.

3.3 BIOVALETAS

As biovaletas (Figura 6) são obras de drenagem superficial usadas para coletar e direcionar o escoamento superficial de maneira controlada, para minimizar a quantidade de água superficial que flui para taludes reais ou potencialmente instáveis (SALES, 2018).

Figura 6. Biovaleta.



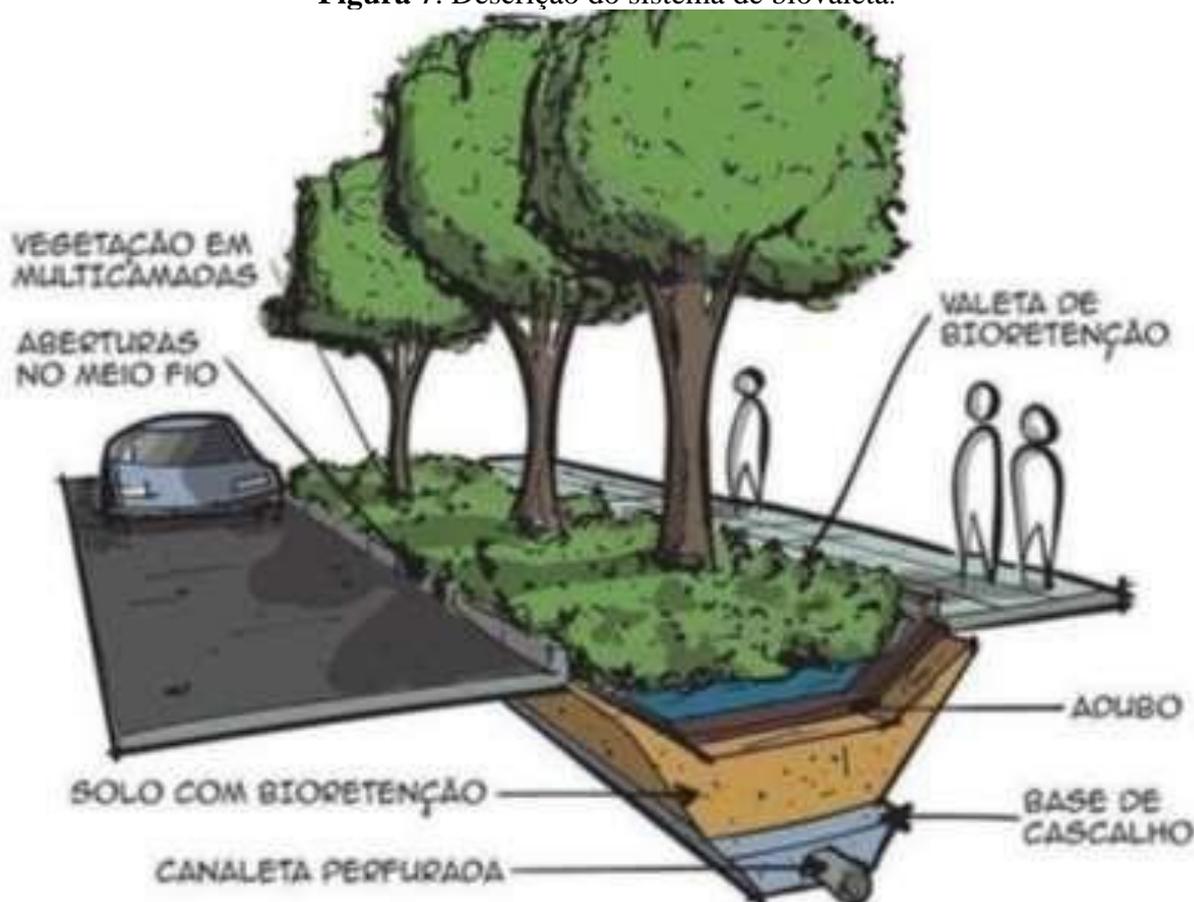
Fonte: Sales (2018)

Diferentes tipos de biovaletas são usados para drenar o escoamento superficial em ambientes urbanos. A seção transversal das valas é geralmente trapezoidal, embora as pequenas

possam ser em forma de V ou U ou semicirculares e suas dimensões variam de acordo com o escoamento esperado, a necessidade de armazenamento em águas abertas, o risco de erosão das margens, a necessidade de acomodar o trânsito de equipamentos de construção ou manutenção e os meios disponíveis para manutenção (SALES, 2018). As biovaletas são projetadas para ter capacidade suficiente para transportar a água de drenagem no período chuvoso, no entanto, às vezes, eles são mais largas do que o necessário para criar mais armazenamento no sistema de águas (SALES, 2018). Esse armazenamento temporário é uma boa forma de diminuir os picos de escoamento da área, como ocorre após as fortes chuvas. Assim, reduz a capacidade necessária de construções a jusante, como cursos d'água maiores, bueiros e estações de bombeamento (KOBISKI et al.,2019).

Para o dimensionamento das biovaletas pode-se utilizar várias metodologias, em sua maioria de autores estrangeiros, pois ainda é difícil o acesso à materiais nacionais para o dimensionamento desse tipo de projeto. De forma geral a biovaleta é composta por uma camada drenante, tubulação perfurada, substrato e camada vegetal (Figura 7).

Figura 7. Descrição do sistema de biovaleta.



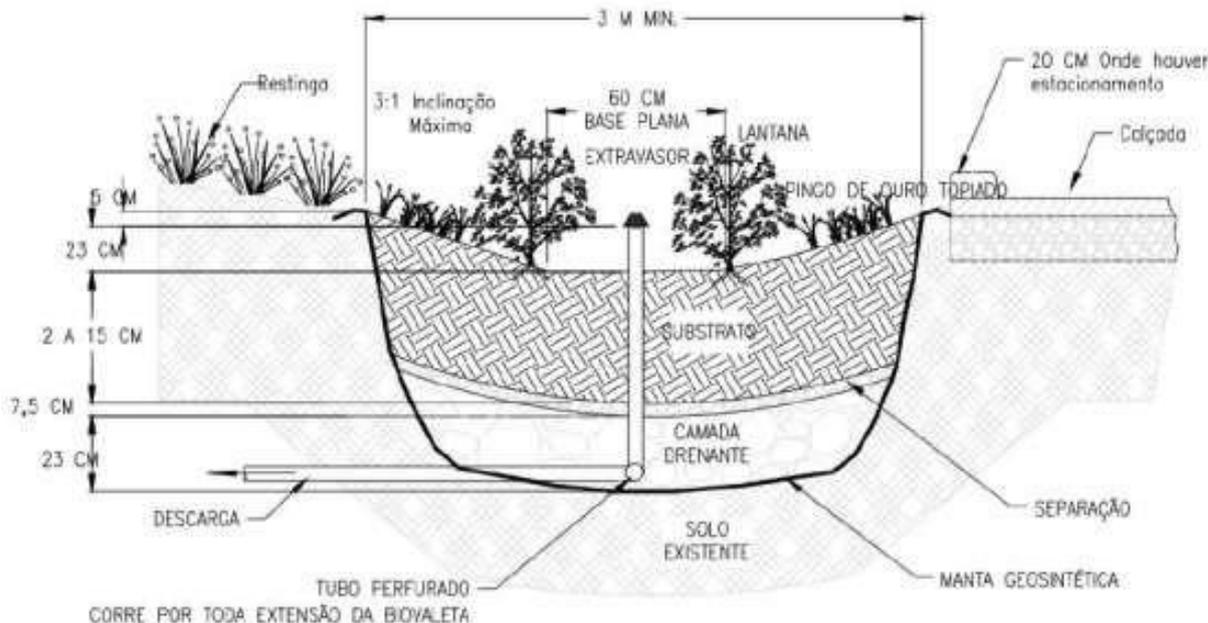
Fonte: Ugreen (2021)

Kobiski et al. (2019), em sua pesquisa utilizaram como base o manual Stormwater Management Manual – SWMM (CITY OF PORTLAND, 2016), sendo retirados dele as diretrizes para a elaboração de biovaletas em Pontal do Sul, um balneário de Pontal do Paraná, no estado do Paraná. Os autores ressaltaram a necessidade de levar em consideração a topografia local, a inclinação da área de intervenção, a profundidade do lençol freático e as características do solo em relação à permeabilidade.

Para a escolha do local é preciso determinar alguns pontos principais, tais como, largura da via, a largura mínima da biovaleta, profundidade, inclinação longitudinal, inclinação lateral, propriedades do extravasor, tipo de encanamento utilizado, características da camada drenante, do substrato e da vegetação, a aplicação de manta geotêxtil, espaçamento da caixa de checagem, o comprimento da faixa com biovaleta, entre outros.

Conforme City of Portland (2016) apud Kobiski et al. (2019) a largura mínima para a biovaleta é de três metros (Figura 8), o que compreende a largura da faixa de estacionamento de veículos.

Figura 8. Esquema de uma Biovaleta



Fonte: City of Portland (2016) apud Kobiski et al. (2019)

Em Paranavaí, como supracitado, existem trechos interessantes para a implantação desse tipo de projeto sustentável (Figura 9, 10 e 11), porém, para a instalação das biovaletas seria necessário a retirada da faixa de estacionamento.

Figura 9. Cruzamento da Rua Bahia com a Rua Antônio Vendramin (Jardim Ouro Branco)



Fonte: Google Maps (2022)

Figura 10. Rua Adibe Aburad em frente ao Cemitério e Academia Beko



Fonte: Google Maps (2022)

No trecho apresentado na Figura 11, por estar situado na região central de comércio do município, se tem a dificuldade em retirar parte da via de circulação de veículos e de estacionamento para a implantação de trecho de biovaleta, mesmo sendo uma via de largura ampla.

Figura 11. Rua Rio Grande do Norte, em frente ao BodyFit



Fonte: Google Maps (2022)

Como são obras públicas e demandam um investimento considerável para a elaboração do projeto, execução e manutenção, gera-se dificuldade em adoção dessa tecnologia como opção de solução de drenagem urbana.

Embora seja uma tecnologia aplicável no município de Paranavaí, seria necessário a realização de estudos de implantação, do fluxo de veículos e de impacto da região com a substituição parcial da via por biovaleta.

3.4 CONSTRUÇÕES VERDES OU COBERTURAS VERDES

A redução de áreas verdes, além dos problemas supracitados, gera um aumento na temperatura nas cidades, implicando em maiores custos de refrigeração nos ambientes. Com intuito de minimizar os impactos ambientais que se apresentam como sobrecarga de águas superficiais, formação de ilhas de calor, ocorrência de enchentes e inundações, os telhados verdes surgem como uma alternativa na construção civil (BORGES, 2021).

Na pesquisa desenvolvida por Roque e Pierri (2019) foi constatado que a aplicação de tecnologias de construções verdes são uma das soluções para mitigar ou minimizar esses impactos negativos gerados pela indústria da construção civil sobre o meio ambiente.

De acordo com estes autores os telhados vegetais ou verdes apresentam benefícios ecológicos, permitindo o gerenciamento de águas pluviais, conservação de energia e a mitigação do efeito de ilha de calor urbana. Aliado a isto, melhora a qualidade de vida dos habitantes, tornando o ambiente mais agradável para morar ou trabalhar (ROQUE; PIERRI, 2019).

O uso de coberturas verdes, em que se substituem as telhas tradicionais por vegetação ajuda no combate às ilhas de calor, pois, absorve gases do efeito estufa emitidos por veículos e proporciona melhoria na qualidade do ar. Esta tecnologia construtiva possibilita também melhor gestão das águas pluviais, evitando alagamentos, principalmente em grandes centros urbanos (SANTOS et al., 2010).

De acordo com Lacerda e Pereira (2020) o uso das coberturas com plantas auxilia na transformação do dióxido de carbono em oxigênio, possibilitando a purificação do ar, além de ser uma estratégia para diminuir o uso de ar-condicionado e ofertar melhor conforto térmico aos habitantes. O que está de acordo com as observações de Besen e Silva (2017), que afirma que os telhados verdes diminuem o consumo de energia e reduzem a poluição.

Segundo Madureira (2020) os telhados verdes podem ser classificados como modelo extensivo ou intensivo. A primeira tipologia, também denominado de ecológico, apresenta camada vegetal inferior a 20cm, sobre a qual são plantadas espécies nativas de pequeno porte, que em decorrência do clima da região, exigem pouca manutenção. Já o modelo intensivo exige camada mais espessa de substrato com uma espessura superior a 15cm, apresenta condições favoráveis ao desenvolvimento de vegetações de grande porte como árvores e arbustos, além da possibilidade do plantio de uma afinidade de plantas, tornando-se um atrativo visual.

Percebe-se que no quesito residencial é mais interessante para o proprietário o uso de um modelo extensivo, com vegetação menos espessa e que exige menor manutenção.

Moreira e Romacherlli (2021), descreve a composição da estrutura de um telhado verde, sendo esta em camadas definidas como substrato, camada filtrante, camada drenante, manta geotêxtil, manta impermeabilizante e pavimento e impermeabilização, como mostra a Figura 12.

Figura 12. Camadas do telhado verde



Fonte: Moreira; Romacherlli (2021)

Pode-se inferir que aplicação desta tecnologia na construção civil também resulta em benefícios para as empresas incorporadoras prestadoras de serviços no ramo da construção, pois, o seu uso pode auxiliar no recebimento de certificação ambiental, ganhando maior visibilidade no mercado em que atua.

Em visitas feitas a empresas construtoras de Paranavaí-PR, verificou-se que no município a tecnologia de telhados verdes ainda é pouco utilizada, mas tem-se estudos sendo realizados para a implantação dessa tecnologia, tais como de Borges (2021) e Madureira (2020).

Dentre as empresas questionadas neste estudo, apenas 20% realizaram projeto de construção utilizando a tecnologia sustentável com telhado verde no município. As empresas que participaram deste estudo informaram que todo o processo de instalação não é feito por apenas uma empresa, sendo necessário o uso de empresa de impermeabilização e outra para a parte de vegetação e drenagem.

Borges (2021), em seu estudo, comparou o uso do telhado verde em uma edificação unifamiliar com o uso do telhado convencional para o mesmo projeto, considerando a implantação do projeto no município de Paranavaí-PR, além de verificar a implantação de um sistema de captação de água da chuva. Neste estudo, além dos insumos foi considerado um custo da mão de obra para instalação das placas de vegetação de R\$11,08 por m².

A autora concluiu que o custo de implantação do telhado verde é mais elevado (R\$ 651,51 reais a mais) que para uma cobertura convencional e, mesmo que a diferença seja pouca, isto pode ser considerado um obstáculo para a utilização desta tecnologia em alguns casos, sendo necessária verificação do custo para edificações de maiores portes.

Borges (2021) apontou que quanto ao payback, ou seja, o retorno financeiro do investimento, é preciso separar os sistemas de cobertura do sistema de captação de água da chuva. Também apontou que o uso da cobertura de telhado verde interfere no clima no interior das edificações, havendo uma redução de gastos de energia, que não foi quantificado.

Madureira (2020), chegou em um resultado com diferença superior dos valores obtidos por Borges (2021), o que se deve pelo uso de materiais diferentes para a elaboração do projeto base (convencional). Além disso, a autora não apresentou o payback com o aproveitamento de água, o que torna difícil o comparativo entre os dois estudos.

Embora tanto Borges (2021) e Madureira (2020), apresentem benefícios para o uso do telhado, nenhuma das pesquisas apresentou um payback completo. Logo pode-se inferir que não se pode mensurar esse valor de retorno por meio de estudos teóricos na região, sendo necessário acompanhar um protótipo ou até uma edificação pronta para verificar a eficiência de temperatura e de energia para refrigeração dos ambientes.

Com a aplicação de telhado verde a vida útil da cobertura é melhorada, pois, a instalação destes telhados faz com que os danos dos raios ultravioletas, as variações de temperatura e possíveis intempéries naturais sejam amenizadas. Isto faz com que o ciclo de vida seja de duas a três vezes maiores do que o sistema tradicional (MADUREIRA, 2020).

Percebe-se que a tecnologia de telhados verdes apresenta vantagens quanto à redução do uso de energia, aproveitamento de água da chuva e redução dos gases poluidores, contudo, o custo/benefício da obra precisa ser analisado uma vez que o telhado necessita de manutenção, além de seu custo mais elevado que o convencional.

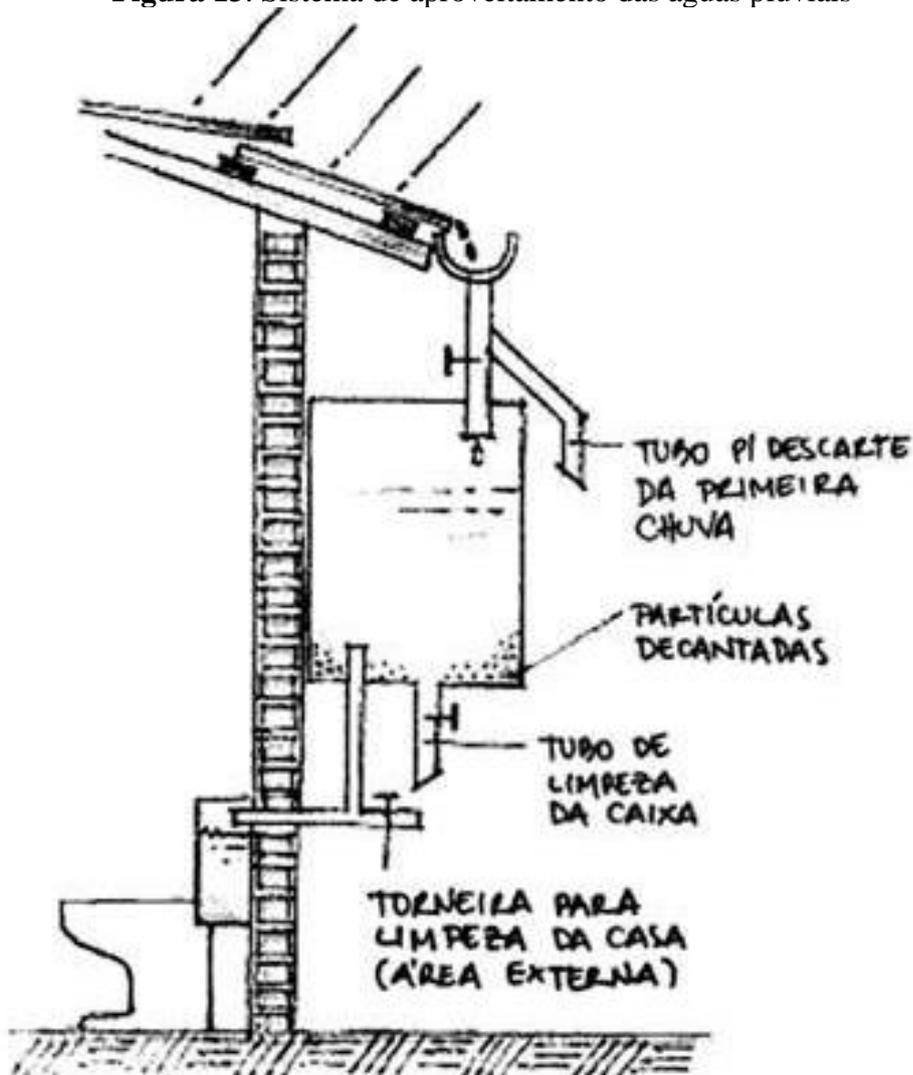
Como visto a instalação de um telhado verde, geralmente, envolve custos iniciais mais altos do que um telhado tradicional, além do custo e periodicidade de manutenção que precisa de mão-de-obra especializada. Contudo, a utilização da tecnologia construtiva de telhados verdes no município de Paranavaí-PR, pode resultar em economia de custos de energia, melhoria no valor da propriedade e da comercialização, além de uma melhor gestão das águas pluviais e benefícios para a saúde da população devido à redução da poluição.

3.5 REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

Como visto, a aplicabilidade de tecnologias sustentáveis em edificações favorece a drenagem das águas da chuva, buscando alternativas para a manutenção do lençol freático local e impedindo o acúmulo de água somente em alguns pontos do loteamento.

Uma das alternativas propostas por Sattler et al. (2000) é que as águas pluviais sejam recolhidas no telhado e armazenadas em dois tanques, para utilização em descarga sanitária, podendo o excedente, se houver, ser direcionado para outras atividades (Figura 13).

Figura 13. Sistema de aproveitamento das águas pluviais



Fonte: Sattler et al. (2000)

A proposta de Sattler et al. (2000) está de acordo com Lacerda e Pereira (2020), que sugerem o uso de captação da água da chuva como uma das práticas sustentáveis relacionadas

à construção civil, sendo essa água aplicada para serviços de limpeza, rega de plantas e descarga nos sanitários.

Em Paranavaí-PR foi observado na pesquisa empreendida junto às empresas construtoras que, entre 10 empresas, metade (5) realizaram projeto com o uso de tecnologia sustentável de reaproveitamento de água da chuva.

Como no questionário não foi verificado o número de projetos que fizeram o reaproveitamento da água da chuva, não foi possível apontar com certeza a aceitação dessa tecnologia no município, porém, pode-se afirmar que ela está sendo utilizada por um percentual considerável de empresas construtoras.

3.6 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)

Em se tratando de resíduos sólidos, os resíduos da construção civil (RCC) podem ser reciclados (processado e utilizado como matéria-prima virgem) ou reutilizados (não há modificação física do resíduo) (OCTAVIANO, 2010).

O aproveitamento do RCC pode ser feito por meio da técnica da desconstrução permitindo a comercialização de materiais usados que apresentam custos menores. A desconstrução foi estudada para se tornar uma alternativa viável à demolição e a deposição de resíduos em aterros, sendo um meio de mitigar a degradação ambiental (FERNANDES; AMORIM, 2014).

Algumas estratégias para a reciclagem e reutilização de resíduos da desconstrução são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4. Estratégias para reciclar ou reutilizar materiais provenientes da desconstrução.

Reciclagem	Usar materiais reciclados, minimizar o número de diferentes tipos de materiais; evitar materiais tóxicos ou nocivos; conceber a montagem em separado de materiais com potencialidades de aproveitamento distintas; evitar acabamentos secundários e revestimentos quando possível; usar materiais capazes de incorporarem os seus próprios acabamentos de superfície ou usar acabamentos separados e mecanicamente conectados; providenciar a identificação permanente dos tipos de material; minimizar o número de diferentes tipos de componentes; usar um número mínimo de partes desgastantes; usar conexões mecânicas em vez de químicas; implementar conexões químicas mais fracas que as partes a serem conectadas
-------------------	---

Reutilização	<p>Optar pela utilização de um sistema de construção aberto <i>open space</i>; usar tecnologias de montagem compatíveis com práticas de edifícios standard; separar a estrutura das paredes internas dos revestimentos; providenciar acesso a todas as partes dos edifícios e a todos os componentes; usar componentes de fáceis operações de manuseamento; pensar no espaço e nos meios necessários para lidar com os diversos componentes durante a desmontagem; providenciar tolerâncias realistas para permitir os movimentos necessários durante a desmontagem; usar o número mínimo possível de diferentes tipos de conectores; usar uma hierarquia de desmontagem relacionada com a esperança de vida dos componentes; providenciar uma identificação permanente do tipo de componentes.</p>
---------------------	---

Fonte: Adaptado de Fernandes e Amorim (2014)

A reciclagem e reutilização de materiais da construção civil de origem de desconstrução já é uma realidade no Brasil e no mundo, porém, um dos grandes problemas relacionados ao uso do RCC é sua variabilidade e falta de confiabilidade para o uso em concreto estrutural (OCTAVIANO, 2010).

Devido a inconsistência em suas características físicas e químicas, o RCC pode ser utilizado para pavimentação, agregado para o concreto não estrutural, agregado para a confecção de argamassa, cascalhamento de estradas, preenchimento de vazios em construções, preenchimento de valas de instalações e reforço de aterros, indústria cimenteira, adição ou em substituição parcial ao cimento na produção de concretos e reforço de concreto armado (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, 2017).

Devido à variação na composição desse material, não se tem uma constância em suas propriedades físicas e químicas, o resíduo da construção após passar por um processo de beneficiamento, pode ser aplicado como agregado dentro das misturas de concreto com uso em materiais sem função estrutural, tais como na pavimentação urbana ou para a composição de tijolos de solo-cimento.

O processamento industrial destes agregados que resultam na fabricação do concreto sustentável pode ser aplicado no município de Paranavaí-PR, o qual já conta com uma legislação desde o ano de 2013, que regulamenta a gestão sustentável dos resíduos da construção civil no município por meio da Lei nº 4.166, de 25 de setembro de 2013.

Atualmente, o Paraná conta com algumas fábricas de agregados de RCC, sendo as mais próximas de Paranavaí, localizam-se nos municípios de Londrina e Cascavel. No entanto, para a utilização desta tecnologia sustentável em Paranavaí-PR é preciso levar em consideração os

custos para a implantação de uma indústria de beneficiamento e a comercialização do produto na região.

Pelo estudo de caso no município de Paranavaí-PR, constatou-se que somente duas das empresas analisadas afirmaram ter utilizado o RCC, mas apenas uma explicou que foi o resíduo utilizado foi a madeira de demolição. A outra empresa não especificou o tipo de material.

Devido a isto, percebe-se a pouca aderência do uso desse tipo de material, sendo necessário maior investigação quanto à necessidade ou até mesmo o benefício em se ter a implantação de uma fábrica no município de Paranavaí-PR. Logo é interessante a realização de um estudo de mercado para verificar se a demanda compensaria os custos com a instalação da fábrica no município.

3.7 MATERIAIS ALTERNATIVOS

Além do uso dos agregados de RCC se tem a utilização de materiais alternativos, entre eles resíduos de outras indústrias, bambu, fibras e materiais compósitos, com a finalidade de promover a destinação correta para esses materiais e a redução do impacto ambiental (OCTAVIANO, 2010; NUNES et al., 2021; SANTOS, 2021).

Um material alternativo pouco conhecido é a parafina micro encapsulada, que pode ser dispersa em rebocos de revestimento. Trata-se de um material termo ativo que atua no isolamento térmico e armazenamento de energia, proporcionando conforto térmico e reduzindo o consumo de energia nas edificações (OCTAVIANO, 2010).

Como supracitado também se utiliza o bambu como material alternativo ao aço e ao concreto na construção civil (Figura 14) contribuindo para reduzir os impactos ambientais.

Figura 14. Construção com bambu.



Fonte: Santos (2021)

Trata-se de um material de boa viabilidade econômica, baixo consumo energético e com benefícios ao meio ambiente. Como apresenta um ciclo rápido de crescimento, pode ser produzido em larga escala. Além disto, é um material resistente que suporta cargas dinâmicas (NUNES et al., 2021).

Muitos outros materiais têm sido utilizados e estudados a fim de buscar a destinação correta para determinados resíduos, tais como no caso de resíduos agrícolas, como cinza de bagaço de cana-de-açúcar, cinza de azeite de oliva, cinza de sabugo de milho, cinza de serragem, cinza de casca de arroz e cinza de óleo de palma, bem como subprodutos industriais como cinza volante, sílica ativa, lama vermelha, rejeitos, ganga de carvão e escória estão atualmente sendo utilizados como materiais alternativos na construção civil (LIMA et al., 2011).

O uso de pneu inservíveis como agregados em pavimentação asfáltica, ou como estrutura para contenção de taludes não é novidade no Brasil. Os pneus inservíveis são usados para piso industrial, placas de revestimento de pisos, aparelhos de apoio para estruturas, almofada de amortecimento, painéis sanduíche (PAGLIUSO, 2020).

Até mesmo lodo de estação de tratamento de água e esgoto vem sendo estudado para uso na construção para fabricação de cimento ou na estabilização de solo. O lodo produzido no processo de tratamento de água consiste em partículas como microrganismos, sólidos orgânicos e inorgânicos e sólidos de produtos químicos usados para o tratamento (como coagulantes, alcalinizantes, etc.) (HENGGEN, 2014).

Em razão da contaminação da água e do ar, o descarte desses resíduos em aterros sanitários representa uma grave ameaça ao meio ambiente. Quando usados como materiais alternativos na construção civil, esses resíduos podem melhorar as propriedades mecânicas e de durabilidade dos compósitos. Além disso, a utilização de resíduos ajudará a promover a sustentabilidade na construção (LIMA et al., 2009).

No município de Paranavaí-PR, como demonstrado no item anterior, verificou-se uma certa relutância na aderência das empresas por uso de materiais alternativos, como o RCC e a madeira de demolição. Diante disto, seria necessário um estudo de mercado para verificar a aceitação de outros materiais. Além disso, muitos dos materiais supracitados ainda se encontram na fase de estudos para uso na construção, não sendo comercializados em larga escala.

3.8 ENERGIA FOTOVOLTAICA

O uso de placas ou painéis solares é considerada uma tecnologia sustentável que contribui para minimizar os custos com energia elétrica utilizando a luz solar como fonte de energia (LACERDA; PEREIRA, 2020).

A tecnologia de placas ou painéis solares (Figura 15) proporciona redução de impactos ambientais, com geração de energia limpa e renovável para assegurar geração de 70% da energia do ambiente (CASTRO et al., 2018).

Figura 15. Placa fotovoltaica.



Fonte: Almeida (2022)

As placas voltaicas utilizam a luz solar como matriz energética gerando impactos econômicos, sociais e ambientais positivos (BURSZTYN, 2020). O uso de placas voltaicas propõe soluções para a geração de energia elétrica sustentável, através de uma fonte inesgotável e a carbono neutro (não poluente na geração), proporcionando benefícios ambientais e eficiência energética na matriz de energia brasileira. Este tipo de energia solar possui a vantagem de não emitir GEE, no processo de geração e, conseqüentemente, as perdas de energia elétrica também são reduzidas (LIRA et al., 2019)

Conforme se verifica, o uso da energia fotovoltaica trata-se da aplicação de uma tecnologia que reduz os impactos ao meio ambiente, pois, sua fonte de geração é a luz solar que é uma fonte de recurso inesgotável.

O custo das células fotovoltaicas ainda hoje é considerado o principal empecilho para difusão dos sistemas fotovoltaicos em larga escala, porém, a utilização de placas fotovoltaicas é um modo sustentável de produção de energia e seu uso nas edificações representa maior eficiência energética, sendo uma ferramenta para reduzir o consumo de energia elétrica e para agregar valor à edificação em termos de preservação ambiental (PINHO; GALDINO, 2014).

No município de Paranaíba-PR esta tecnologia sustentável tem sido amplamente utilizada em novos projetos. Um exemplo disso é que apenas uma das empresas questionadas, a empresa SUPERA – Arquitetura e Edificações, não utilizou essa tecnologia em projeto.

O município de Paranaíba-PR conta com diversas empresas que são prestadoras de serviços de instalação e manutenção de placas voltaicas, entre elas a Exitus, Balfar, Gran sol, Genesi, Paim, Ecollis, Engepar, Eletriza, Solar Company, Ecopawer,Seven, Bonanza, Ivaiporã e Nippon. Isto torna fácil o acesso a essa tecnologia.

3.9 TIJOLO DE SOLO-CIMENTO

O tijolo de solo-cimento (Figura 16) é uma das técnicas construtivas sustentáveis também denominado de um tijolo ecológico. Trata-se de uma alternativa para suprir uma deficiência habitacional no Brasil. Composto de solo- cimento e água, é moldado e prensado de forma que na sua fabricação não ocorre a queima e isto reduz os impactos ambientais (MORAES, 2019).

Figura 16. Tijolo-cimento



Fonte: Moraes (2019)

No Brasil esse material ainda não é muito utilizado, contudo representa um custo/benefício de 20 a 40% em relação a construções convencionais, pois utiliza-se menos material com argamassa de assentamento, aço e concreto e não há necessidade de reboco (MORAES,2019).

O uso do tijolo solo-cimento reduz em 30% o tempo de construção da edificação, melhora distribuição das cargas de peso sobre as paredes devido aos encaixes e colunas embutidas nos furos, reduz o uso de madeira para formar vigas e pilares e apresenta economia de até 70% de concreto e argamassa e 50% de economia de ferro (MOTTA et al., 2014).

Motta et al. (2014) citam ainda que o seu uso dispensa grandes pilares para sustentação da estrutura, garantindo assim maior rapidez no processo construtivo. Quanto às desvantagens uma delas é a ausência de estudos sobre sua aplicabilidade o que pode gerar diversas patologias, além da falta de mão de obra qualificada. Outro aspecto a ser considerado é a sua fabricação, que não pode ser em locais úmidos e a necessita de análise em laboratório (MORAES, 2019).

No município de Paranavaí-PR, existem algumas construções de tijolo- cimento, entre elas duas executadas pela empresa Sordi engenharia, próximo à paróquia são Sebastião (Figura 17).

Figura 17. Construção de Tijolo-cimento em Paranavaí-PR.



Fonte: Autor (2022)

É preciso ressaltar que não existe produção desse material no município e que , normalmente, são produzidos em Maringá ou São Jorge do Ivaí, ambos no estado do Paraná. A

primeira fica a 74 Km de distância de Paranavaí e a segunda a 67 Km. Devido a isto, o custo com transporte é agregado ao valor final do material.

Além disso, percebe-se a pouca adesão na adoção desse sistema construtivo no município. Apenas 30% (3) das empresas analisadas já fizeram o uso de tijolo ecológico em seus projetos. Esse número pode estar ligado diretamente à preferência e aceitação dos clientes da região, uma vez que as edificações com uso do tijolo de solo-cimento têm uma aparência mais rústica com poucas opções de acabamentos.

4 CONCLUSÃO

A realização deste estudo objetivou identificar quais tecnologias sustentáveis podem ser utilizadas na Engenharia Civil, buscando viabilidade de uso a nível regional com foco no município de Paranavaí-PR.

Na análise de tais tecnologias foram verificados diversos materiais e técnicas sustentáveis que podem ser adotadas dentro da construção civil, tais como o uso de tijolo-cimento, placas fotovoltaicas, resíduos da construção civil, biovaletas, pavimentos permeáveis, telhado verde, dentre outros.

Além de um estudo bibliográfico, foi realizada a aplicação de um questionário em 10 empresas construtoras em Paranavaí-PR, sendo possível verificar que a quantidade de projetos executados com tecnologias sustentáveis ainda se apresenta muito reduzido. De um total de 432 projetos elaborados nesse ano por essas empresas, apenas 74 desses continham um dos elementos estudados, o que mostra uma menor preferência profissional e da população por tecnologias sustentáveis em projetos. Outro parâmetro levantado é que apenas uma das empresas possui certificação ambiental, o que já demonstra a pouca procura para um melhor desempenho ambiental nos projetos no município.

Foi verificado que o uso de telhado verde e de materiais alternativos, entre eles o RCC, ainda é muito reduzido, sendo interessante destacar possíveis problemas culturais de aceitação por parte do cliente e não apenas a falta de incentivo do profissional (engenheiro) para a aplicação dessas tecnologias.

No município de Paranavaí-PR a tecnologia sustentável que mais se destacou foi o uso de placas voltaicas, no qual 9 das 10 empresas afirmam já ter utilizado essa técnica em projetos. Além disso, constatou-se que existem diversas empresas que são prestadoras de serviços de instalação e manutenção, tornando fácil acesso a essa tecnologia.

O uso destas tecnologias na construção são meios de promover a redução de impactos ambientais no setor e de modo geral todas elas podem ser aplicadas em Paranavaí e região, sendo algumas já utilizadas. Contudo, a implementação de cada tecnologia deve ser avaliada, considerando o local, transporte de materiais, necessidade de mão de obra qualificada, manutenção dentre outros.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021**. São Paulo: ABRELPE, 2021, 53 p.

ALENCAR, Ana Carla Maia Ferreira. **Avaliação de piso drenante com a utilização de agregados reciclados**. 65 f. 2013. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) -Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2013.

ALMEIDA, N. **Projeto para produção de pavimento em concreto permeável no parque de estacionamento da POLI-UPE**. Monografia (Pós-graduação em Engenharia Civil) 90 f.– Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2016.

ALTHOFF, Fernanda. **Edifício multifuncional proposta de qualificação do bairro estreito**. 45 f. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis- SC, 2017.

ALVES, Josivan Leite; BORGES, Igor Bernardino; DE NADAE, Jeniffer. **Sustainability in complex projects of civil construction: bibliometric and bibliographic review**. Gestão & Produção, v.28, n.4, 2021.

FERNANDES, A. V. B.; AMORIM, J. R. R. **Concreto sustentável aplicado na construção civil**. Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas - UNIT - SERGIPE, v.2, n.1, p.79–104, 2014.

DOI 10.33872/revcalungaae.v1n2.e010

| v. 1, n. 2 | Jul./Dez. 2023 | e-ISSN 2966-0378

BAULÉ, Sofia de Souza. **Avaliação do uso de blocos de concreto para emprego em pavimentação intertravada**: análise da fabricação, execução e dimensionamento. 114 f. 2018. Trabalho Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis- SC, 2018.

BESSEN, Dyanine Weiss; SILVA, Rhaiza Lima Maia. **Tecnologias inovadoras e sustentabilidade na construção civil**: um estudo de caso em Santa Catarina, SC. 67 f. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça- SC, 2017.

BORGES, Rayane Malaquias. **Estudo de implantação dos telhados verde e convencional atrelados a captação de águas de chuvas para fins não potáveis**. 45 f. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário UniFatecie, Paranavaí-PR, 2021.

BRIZOLLA, Maria Margarete Baccin. **A sustentabilidade na construção civil**. Anais XIX EGEMA. Universidade de São Paulo, 2017. Disponível em:<<http://engemausp.submissao.com.br/19/anais/arquivos/61.pdf>>. Acesso: 12 set 2022.

BURSZTYN, Marcel. **Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido**: o desafio da integração de políticas públicas. Estud. av. v.34, n.98, 2020.

CASTRO, Lucas de Lima; SILVA, Breno Samuel Borges; FARIA, Rogério Alves; OMAR, Mohamad Yahya Mohamad Omar. **Ecogrid - painel de estrutura armada de eps - tecnologias sustentáveis em sistemas construtivos convencionais**. Anuário De Produções Acadêmico-Científicas Dos Discentes Da Faculdade Araguaia, v.7, p. 104-111, 2018.

CARLO, J.C. e LAMBERTS, R. **Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem energética de edifícios – parte 1**: método prescritivo. Ambiente Construtivo. 10 (2): 7 – 26, abr.- jun., 2010.

CUNHA, Iasminy Borba. **Quantificação das emissões de CO₂ na construção de unidades residenciais unifamiliares com diferentes materiais**. 136 f. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS, 2016.

DIAS, Edson Santos. **OS (Des) encontros internacionais sobre meio ambiente: da conferência de estocolmo à rio+20** - expectativas e contradições. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 39 v. 1, p. 06-33, Jan./Jun., 2017.

FEIL, Alexandre André; SCHREIBER, Dusan. **Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável**: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. Cad. EBAPE.BR, v. 14, nº 3, Artigo 7, Rio de Janeiro, Jul./Set. 2017.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2007.

GRÜNBERG, Paula Regina Mendes, DE MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias, TAVARES, Sergio Fernando. **Certificação ambiental de habitações**: comparação entre LEED for Homes, Processo Aqua e Selo Casa Azul. São Paulo: Ambient. soc. v.17, n.2, 2014.

HENGEN, Mirdes Fabiana. **Caracterização de cinza de lodo de ETA para uso no concreto - (resistência a compressão axial)**. 97 f. 2014. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.

HU, Yi; CHAN, Albert P. C.; LE, Yun; JIN, Run-zhi. **From construction megaproject management to complex project management**: bibliographic analysis. Journal of Management Engineering, v.31, n.4, 2015.

JACOBI, Pedro. **Sustentabilidade ambiental, consumo e cidadania**. Ambient. soc., Campinas, v. 9, n. 1, p. 183-186, Jun. 2006.

DOI 10.33872/revcalungaae.v1n2.e010

| v. 1, n. 2 | Jul./Dez. 2023 | e-ISSN 2966-0378

JOHN, V. M.; DE OLIVEIRA, D. P.; DE LIMA, J. A. R. Levantamento do Estado da Arte – Seleção de Materiais – Tecnologias para construção habitacional mais sustentável – Projeto FINEP 2386/04 - São Paulo, 2007.

KOBISKI, B. V.; DE LIMA, J.; UKAN, H.; MAHMOUD, T. S.; MARUYAMA, C. M. **Proposta de infraestrutura verde em área litorânea: Um Estudo de Caso em Pontal do Sul** – PR. Periódico Técnico Científico Cidades Verdes, v. 07, n. 15, 2019.

LACERDA, Aline Coelho de; PEREIRA, Juliana Bárbara dos Reis. **Tecnologias sustentáveis na arquitetura empresarial**. Anais.... VI Seminário Científico do UNIFACIG – 12 e 13 de novembro de 2020 V Jornada de Iniciação Científica do UNIFACIG – 12 e 13 de novembro de 2020.

LEITE, Vinicius Fares. **Certificação ambiental na construção civil – Sistemas LEED e AQUA**. 59 f. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Civil.) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2011.

LIMA, S. A.; SALES, A.; ALMEIDA, F. C. R.; MORETTI, J. P.; PORTELLA, K. F. **Concretos com cinza do bagaço da cana-de-açúcar: avaliação da durabilidade por meio de ensaios de carbonatação e abrasão**. Ambient. constr. v.11, n.2, 2011.

LIMA, S. A.; SALES, A.; MORETTI, J. P.; DOS SANTOS, T. J. **Análise de Argamassas Confeccionadas Com a Cinza do Bagaço da Cana-de-Açúcar em Substituição ao Agregado Miúdo**. Revista Tecnológica, v. 18, p. 87-97, 2009.

LIRA, M. A. T.; MELO, M. L. S.; RODRIGUES, L. M.; DE SOUZA, T. R. M. **Contribuição dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica para a Redução de CO2 no Estado do Ceará**. Rev. bras. meteorol. v.34, n.3, 2019.

MADUREIRA, Bruna Graziella. **Telhado verde**. Trabalho de Conclusão de Curso. 27 f. 2020. (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário UniFatecie –Paranavaí-PR, 2020.

DOI 10.33872/revcalungaae.v1n2.e010

| v. 1, n. 2 | Jul./Dez. 2023 | e-ISSN 2966-0378

MINAYO, M. C. S. Introdução. In: MINAYO, M. C. S.; ASSIS, S. G.; SOUZA, E. R. (Org.). **Avaliação por triangulação de métodos: abordagem de Programas Sociais**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2010. pp. 19-51.

MOTTA, J. C. S. S.; MORAIS, P. W. P.; ROCHA, G. N.; TAVARES, J. C.; GONÇALVES, G. C.; CHAGAS, M. A.; MAGESTE, J. L.; LUCAS, T. P. B. **Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis**. Revista E- Xacta, v. 7, n. 1, 2014.

MOTTA, Luciano Dangelo. **Pavimento permeável: uma solução sustentável para a pavimentação de vias urbanas**. R. gest. sust. ambient., Florianopolis, v. 9, n. 3, p. 911-933, 2020.

NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. **Trajectoria da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico**. Estudos Avançados 26 (74), 2012.

NUNES, G. M.; SOBRINHO JÚNIOR, A. S.; PASTOR, J. S. **O uso do bambu como material estrutural na construção civil**. Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, n.55, 2021.

OCTAVIANO, Carolina. **Sustentabilidade na construção civil: benefícios ambientais e econômicos**. ComCiência, Campinas, n.122, 2010.

PAGLIUSO, Mara Regina. **Reaproveitamento de pneus inservíveis na construção civil**. I Simpósio sobre Resíduos Sólidos da USP - São Carlos, 2020. Disponível em:<http://www.shs.eesc.usp.br//neper/isimposio/palestras/03122009-tarde/MARA_PAGLIUSO-ReaproveitamentoDePneusInserviveisNaConstrucaoCivil.pdf>. Acesso: 12 nov 2022.

PARANAÍ. **Lei nº 4.166, de 25 de setembro de 2013**. Institui o sistema de gestão sustentável de resíduos da construção civil, resíduos volumosos e o plano integrado de

gerenciamento de resíduos da construção civil nos termos na resolução do Conama nº 307, de 05 de julho de 2002, e dá outras providências.

PEIXOTO, J.; CRAVEIRO, D.; MALHEIROS, J.; OLIVEIRA, I. T.; GOMES, C. S.; ABREU, D.; MARQUES DA COSTA, E.; ALVES, J.; MOREIRA, M. J. G.; GARCIA, M. T. M.; ALBUQUERQUE, P.; ESCÁRIA, V. (2017). **Migrações e sustentabilidade demográfica: perspectivas de evolução da sociedade e economia portuguesas: introdução ao estudo.** Lisboa: Fundação Francisco Manuel do Santos. ISBN: 978-989-8863-18-8

PEREIRA, Stéfano Lima. **Sustentabilidade na construção civil: Controle do Escoamento Superficial Através de Pavimentos Permeáveis.** 34 f. 2020. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, Ariquemes – RO, 2020.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: CEPTEL – CRESESB, 2014.

PINTO, L.L.C.A. **Desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização de solo urbano.** Tese. 283 f. Universidade de São Paulo-São Paulo- SP, 2011.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. **Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica.** Estud. av. v. 26, n.74, 2012.

ROQUE, Rodrigo Alexander Lombardi; PIERRI, Alexandre Coan. **Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil.** Res., Soc. Dev., v.8, n.2, 2019.

SALES, Anna Carolina Montenegro Nunes. **Metodologia para definição de projeto para um sistema de drenagem pluvial urbana sustentável com estudo de caso.** 68 f. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário de Brasília. Brasília - DF 2018.

DOI 10.33872/revcalungaae.v1n2.e010

| v. 1, n. 2 | Jul./Dez. 2023 | e-ISSN 2966-0378

SANTOS, Henrique Teixeira; BERTULINO, Rafael Rodrigues; PFEIFER, Thyago Tonetto. **Tecnologias sustentáveis aplicadas a edifícios residenciais.** 104 f. 2010. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás. Goiânia- GO, 2010.

SANTOS, Carlos Rogério Boa Esperança dos. **A potencialidade do bambu como material de construção civil.** 63 f. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2021.

SARTORI, Simoni et al campo da literatura. Ambiente & Sociedade n São Paulo v. XVII, n. 1 n p. 1-22 n jan.-mar. 2014.

SATTLER, Miguel Aloysio; SEDREZ, Michele de Moraes, DA ROSA, Telissa Frenzel; SPERB, Márcia Roig. Cap. 3 - **Aplicação de tecnologias sustentáveis em um conjunto habitacional de baixa renda .** Coletânea Habitare - vol. 2 - Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do

Conhecimento na Construção Habitacional. Disponível em:<
<http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/97.pdf>>. Acesso: 10 out. 2022.

SILVA, Bibiana Noschang da. **Redução das emissões de CO2 devido ao emprego de materiais alternativos: casa popular eficiente.** 87 f. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa, Santa Maria, RS 2017.

SILVA, Roberto Caldeira da; FREITAS, Ludmila de Souza. **Diretrizes para a fase de projetos de edificações públicas sob o foco da sustentabilidade ambiental:** estudo de caso de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) de acordo com o sistema de certificação LEED. Campo Grande: Interações, v.17, n.4, Oct- 2016.

SOUZA, C.M.M. et al. **Desenvolvimento sustentável e resiliência socioecológica: agenda para uma transição sustentável dos territórios.** Redes, 26, 2021.

DOI 10.33872/revcalungaae.v1n2.e010

| v. 1, n. 2 | Jul./Dez. 2023 | e-ISSN 2966-0378

UGREEN, 2021. **O que são águas pluviais e por que elas merecem sua atenção.** Disponível em:< <https://www.ugreen.com.br/o-que-sao-aguas-pluviais-e-por-que-elas-merecem-sua-atencao/>> Acesso: 20 nov. 2022.

YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O. V.; NÄÄS, I. A. **Sustentabilidade na Construção Civil.** In: 3rd International Workshop. “Cleaner Production Initiatives And Challenges For A Sustainable World” São Paulo – Brazil – May 18th-20ndth – 2011.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO

Empresa:	Data:
Nome:	
Cargo:	

- 1- A empresa possui alguma certificação ambiental? Quais?
- 2- No último ano quantos projetos a empresa elaborou?
- 3- A empresa já adotou o uso de telhado verde em projeto no município de Paranavaí-PR?
- 4- A empresa já adotou o uso de placa fotovoltaica em projeto no município de Paranavaí-PR?
- 5- A empresa já adotou o uso de cisterna para aproveitamento de água da chuva em projeto no município de Paranavaí-PR?
- 6- A empresa já adotou o pavimento permeável em projeto no município de Paranavaí-PR?
- 7- A empresa já adotou o uso de material alternativo (bambu, madeira de demolição, pneu, resíduo da construção civil) em projeto no município de Paranavaí-PR?
- 8- A empresa já adotou o uso de tijolo de solo-cimento em projeto no município de Paranavaí-PR?
- 9- Algum projeto no último ano continha alguma tecnologia sustentável (reaproveitamento de água de chuva, placa fotovoltaica, pavimento permeável, material alternativo, telhado verde, etc.)? Se sim, em quantos projetos?