



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
Campus de São José dos Campos  
Instituto de Ciência e Tecnologia

**GABRIELLA LUZ DA SILVA**

**RELEVÂNCIA DO ESTUDO DE IMPACTO AO MEIO AMBIENTE E DA ELABORAÇÃO  
DE PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL NA FASE DE PLANEJAMENTO DE PROJETOS  
DE ENGENHARIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

São José dos Campos

2024

**GABRIELLA LUZ DA SILVA**

**RELEVÂNCIA DO ESTUDO DE IMPACTO AO MEIO AMBIENTE E DA ELABORAÇÃO  
DE PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL NA FASE DE PLANEJAMENTO DE PROJETOS  
DE ENGENHARIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de graduação apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Unesp.

Orientador: Prof. Dr. Irineu de Brito Junior

São José dos Campos

2024

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2024]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Silva, Gabriella Luz Da

Relevância do estudo de impacto ao meio ambiente e da elaboração de plano de gestão ambiental na fase de planejamento de projetos de engenharia: uma revisão de literatura / Gabriella Luz Da Silva. - São José dos Campos : [s.n.], 2024.

43 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Graduação em Engenharia Ambiental - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2024.

Orientador: Irineu de Brito Junior.

1. Projetos de engenharia. 2. Impacto ambiental. 3. Plano de gestão ambiental. 4. Estudo de impacto. 5. Aspectos ambientais. I. Brito Junior, Irineu de, orient. II. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. IV. Universidade Estadual Paulista (Unesp). V. Título.

## **BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Irineu de Brito Junior** (orientador)

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Ciência e Tecnologia

Departamento de Engenharia Ambiental

---

**Prof. Dr. Ricardo Gabbay de Souza**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Instituto de Ciência e Tecnologia

Departamento de Engenharia Ambiental

---

**Ana Paula Silva Ducatti**

Universidade de Marília - UNIMAR

Departamento de Educação à Distância

São José dos Campos, 08/03/2024.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pois sem Ele eu não seria nada e não chegaria a lugar algum. A força, a motivação e a determinação para buscar concluir este trabalho, e a graduação como um todo, vieram principalmente dEle, e quero dedicar cada conquista minha a Ele.

Agradeço também à minha família, que acompanhou todo este processo, seja de perto ou de longe, e tem me apoiado e incentivado desde sempre, especialmente durante a graduação. Vocês me inspiram, e saber que posso contar cada um me transmite o conforto e a força que preciso para continuar.

Também agradeço à Leticia Pivetta, que nestes últimos tempos tem me ajudado a compreender e superar dificuldades, me auxiliando a encontrar novamente a motivação necessária para terminar o que comecei.

Por último, mas com certeza não menos importante, agradeço ao meu orientador, o Prof. Dr. Irineu de Brito Junior, por toda a paciência e sensibilidade, além de ter me passado segurança e me feito sentir mais à vontade durante todas as etapas do trabalho. Obrigada por cada reunião, cada dica, cada comentário e correção, e principalmente por aceitar me orientar neste projeto e por tê-lo feito de maneira louvável.

*“Pois dele, por ele e para ele são todas as coisas.  
A ele seja a glória para sempre! Amém.”*

*Romanos 11:36*

## RESUMO

SILVA, Gabriella Luz da. **Relevância do estudo de impacto ao meio ambiente e da elaboração de plano de gestão ambiental na fase de planejamento de projetos de engenharia: uma revisão de literatura**. 2024. Trabalho de graduação (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2024.

Cada projeto tem seu grau de complexidade e é passível de causar impactos ao meio ambiente, que variam de acordo com as atividades que o constituem, tornando importante avaliar detalhadamente o projeto e seus impactos potenciais associados, pois não fazê-lo pode trazer impactos que poderiam ter sido evitados inicialmente, e o estudo deles pode até revelar oportunidades. A legislação traz diretrizes para avaliar impactos e requisitos a serem atendidos, e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e os princípios de ESG ajudam a nortear medidas de gestão para mitigar, controlar, remediar e monitorar impactos na fase de planejamento. Com a urbanização crescente, aumenta a preocupação ambiental, a procura e até a exigência por projetos e produtos mais ecológicos, e integrar a sustentabilidade passa a ser responsabilidade das organizações e de todos os setores. O objetivo deste estudo é comprovar a relevância de integrar a gestão ambiental nas fases iniciais de projeto através de uma revisão de literatura seguindo a metodologia PRISMA, consagrada e amplamente utilizada, norteadas por duas perguntas de pesquisa: i) quais aspectos ambientais são considerados na gestão de projetos?; e ii) qual o impacto/efeito de considerá-los? A visão da gestão ambiental tem evoluído com o tempo, e o campo de sua aplicação em projetos é abundante e tem sido enriquecido, mas existem desafios a serem superados. Alguns setores ainda apresentam limitação em integrar sustentabilidade, não sendo ela parte permanente em projetos, sendo necessário mais estudos que comprovem a importância de levá-la em conta. Além disso, países em desenvolvimento não dispõem da mesma abundância de estudos na área como dispõem os desenvolvidos. Um projeto pode causar impacto em todo o seu ciclo de vida, cada fase e atividade trazendo impactos associados, e há modelos matemáticos e novas tecnologias que auxiliam na avaliação deles. O fator econômico é um dos que mais afeta a tomada de decisão, explicitando a necessidade de alternativas sustentáveis viáveis. Este campo de pesquisa é amplo e abre espaço para mais e mais estudos, que devem ser incentivados e executados para propor soluções eficientes, inovadoras e acessíveis a fim de favorecer o desenvolvimento sustentável em projetos.

Palavras-chave: projetos de engenharia, impacto ambiental, plano de gestão ambiental, estudo de impacto, aspectos ambientais.

## **ABSTRACT**

**SILVA, Gabriella Luz da. *Relevance of the environmental impact study and of the formulation of an environmental management plan in the planning phase of engineering projects: a literature review*. 2024. Undergraduate thesis (Environmental Engineering Degree) – São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology, São José dos Campos, 2024.**

*Each project has its own degree of complexity and is likely to cause impacts on the environment, which vary according to the activities involved, making it important to evaluate the project and its associated potential impacts in detail, as failure to do so may cause impacts that could have been initially avoided, and assessing them might even reveal opportunities. The legislation provides guidelines for evaluating impacts and requirements to be met, and the Sustainable Development Goals and ESG principles help guide management measures to mitigate, control, remediate and monitor impacts in the planning phase. With increasing urbanization, environmental concern, search and even demand for more ecological projects and products also increase, and integrating sustainability becomes the responsibility of organizations and of all sectors. The objective of this study is to prove the relevance of integrating environmental management in the initial phases of the project through a literature review following the well established and widely used PRISMA methodology, guided by two research questions: i) which environmental aspects are considered in the project management?; and ii) what is the impact/effect of considering them? How environmental management is perceived has evolved over time, and the field of its application in projects is abundant and has been enriched, but there are challenges to be overcome. Some sectors still show limitations in integrating sustainability, as it is not a permanent part of projects, requiring more studies that prove the importance of taking it into account. Furthermore, developing countries do not have the same abundance of studies in the area as developed countries. A project can cause impact throughout its whole life cycle, with each phase and activity bringing associated impacts, and there are mathematical models and new technologies that help in their assessment. The economic factor is one of those that most affects decision-making, revealing the need for viable sustainable alternatives. This field of research is broad and opens up space for more and more studies, which must be encouraged and carried out to propose efficient, innovative and accessible solutions in order to promote sustainable development in projects.*

*Keywords: engineering projects, environmental impact, environmental management plan, impact assessment, environmental aspects.*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>11</b>
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>17</b>
<b>4 RESULTADOS E ANÁLISE</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Publicações selecionadas</b>	<b>20</b>
<b>4.2 Síntese dos resultados</b>	<b>25</b>
<i>4.2.1 Evolução da sustentabilidade em projetos</i>	<i>25</i>
<i>4.2.2 Projetos de construção civil</i>	<i>27</i>
<i>4.2.3 Projetos de energia renovável</i>	<i>31</i>
<i>4.2.4 Outros projetos</i>	<i>33</i>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

De maneira geral, projetos de engenharia são passíveis de causar impactos ao meio ambiente, variando de acordo com o tipo de projeto e seus aspectos, como o processo, duração, localização, etapas envolvidas (por exemplo: supressão vegetal, terraplenagem, consumo de recursos naturais, etc.), entre outros, causando degradação e poluição. Por isso, é importante caracterizar o empreendimento e os seus potenciais impactos, gerenciando os aspectos ambientais associados, a fim de minimizar os impactos ambientais negativos (SILVEIRA e DE SOUZA, 2021; VECHI, GALLARDO e TEIXEIRA, 2016).

Pode-se tomar como exemplos três projetos de transferência de água entre bacias, cujo objetivo é suprir a demanda de água em períodos e localidades caracterizados pela escassez hídrica, que causaram impactos sociais, ambientais e econômicos negativos: o *Central Arizona Project* (CAP) nos EUA, caracterizado por problemas econômicos; o Projeto de Transferência de Água do Quebec, no Canadá, que trouxe impactos socioambientais significativos às populações indígenas locais, que foram realocadas, e suas terras, que sofreram pressão antrópica; e o projeto *National River Linking* na Índia, que causou a perda de importantes habitats terrestres devido a inundações, reduzindo a diversidade local de flora e fauna (FAÚNDEZ *et al.*, 2023).

Trazendo um exemplo nacional, a mineração no estado do Pará causa uma grande variedade de impactos ambientais, e através de um estudo foi identificado que os mais frequentes são: alteração da qualidade da água e da dinâmica hídrica, das características do solo, dos níveis acústicos, da qualidade do ar, da paisagem e da dinâmica erosiva, além de ter efeito nos níveis de emprego e causar redução ou perda de habitats (RIBEIRO *et al.*, 2019).

Desde 1986, ano em que foi publicada a Resolução CONAMA nº 1, tem-se diretrizes para a avaliação de impacto ambiental e elaboração do relatório de impacto ambiental (RIMA) para atividades modificadoras do meio ambiente. Sendo assim, é fundamental a realização destes ao se propor um projeto, de qualquer natureza, para mensurar o que a mesma resolução classifica como impacto ambiental, além de buscar atender aos requisitos dispostos na Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, a Política Nacional do Meio Ambiente, ou PNMA (SILVA *et al.*, 2008).

Em se tratando de ocorrências que causam impacto, na avaliação do impacto ambiental destas são fundamentais as ações de gestão, que consistem em ações para mitigar, controlar, remediar e monitorar os impactos resultantes, somadas à compensação ambiental. Estes princípios também devem ser adotados, dando foco especialmente ao monitoramento, que é essencial na avaliação da situação do ambiente, permitindo prever impactos e preveni-los, sendo possível adotar medidas de gestão a partir dele (MANZATTO *et al.*, 2019).

Compartilhando objetivos em comum com a adoção de medidas de gestão no controle de impactos, está o desenvolvimento sustentável. Ele consiste em medidas que visam melhorar a qualidade de vida humana, favorecer o progresso econômico e ao mesmo tempo preservar o meio ambiente e enfrentar as mudanças climáticas. Para guiar e fornecer meios de monitorar este desenvolvimento, em 2015 os países membros das Nações Unidas adotaram a Agenda 2030, e em seu eixo estão os dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, ou ODS, com suas metas e indicadores, para orientar a adoção destas práticas a nível global (KATILA *et al.*, 2019).

O desenvolvimento sustentável pede práticas sustentáveis em diversos níveis e setores, integrando-os o máximo possível para obter as melhores estratégias visando este objetivo, e neste contexto tem ganhado popularidade práticas sustentáveis que envolvem aspectos ambientais, sociais e de governança, contemplados no princípio ESG (E - *environmental*, S - *social* e G - *governance*), estratégia que incentiva o desenvolvimento coordenado destes aspectos (LI *et al.*, 2021).

O estudo dos potenciais impactos ao meio ambiente podem trazer informações fundamentais para a gestão ambiental de um projeto e até mesmo para serem elaboradas e implementadas novas estratégias para não só reduzir o impacto negativo mas tratá-lo como uma oportunidade. Resíduos de construção e demolição, por exemplo, que muitas vezes ainda são considerados materiais sem valor, podem integrar um modelo de Economia Circular (EC) para fornecer materiais por vezes escassos ou que esgotam rapidamente, tornando o setor mais sustentável (PURCHASE *et al.*, 2021).

Outra maneira de integrar a sustentabilidade neste setor é gerar energia a partir dos resíduos através de tecnologias *waste-to-energy* (transformação de resíduos em energia), aumentando o aproveitamento de recursos, diminuindo o fluxo de entrada de resíduos em aterros e reduzindo o impacto ambiental (KOTHARI, TYAGI e PATHAK, 2010).

De acordo com o que diz a Teoria da Complexidade, todos os projetos possuem algum grau de complexidade, o que torna necessária a adoção de novas e diferentes perspectivas e, portanto, metodologias e técnicas (LUKOSEVICIUS, SOARES e JOIA, 2017). Com o aumento da preocupação ambiental em todo o mundo e do incentivo ao desenvolvimento sustentável, o aspecto ambiental também se torna um dos fatores que implica complexidade a um projeto e exige atenção e cuidado.

Em muitos projetos, porém, a questão ambiental tem sido tratada apenas como uma obrigatoriedade, uma exigência legal, não sendo reconhecida sua significância e o quão vantajosa a preocupação com os impactos ao meio ambiente pode ser para o projeto. A discussão de integrar a variável ambiental pode se dar de duas maneiras: no primeiro, esta variável é compreendida como geradora de custos e fator limitador da expansão de negócios; no segundo, entretanto, ela é

compreendida como oportunidade de lucros quando aplicada de maneira pró-ativa (LUCIO e DE CARVALHO, 2022).

É necessário reconhecer que integrar a gestão ambiental em projetos pode trazer benefícios, como multas e taxas menores por danos ambientais e menores custos. Além disso, empresas devem se mostrar cada vez mais preocupadas com a sustentabilidade, já que a conscientização ambiental vem aumentando na sociedade. A transparência quanto à gestão ambiental está associada a uma potencial melhoria na imagem da empresa perante o público, configurando vantagem competitiva no mercado. A depender dos impactos causados por suas atividades, empresas estão sujeitas à perda de clientes, de investidores potenciais, a restrições e a penalidades, podendo culminar até em sua exclusão do mercado, o que confirma a relevância da gestão ambiental (LUCIO e DE CARVALHO, 2022).

Projetos que trazem termos como “sustentável” e “ecológico”, quando tais termos são usados conscientemente e baseados em conhecimentos sólidos sobre sustentabilidade, são mais atraentes ao público, e o uso destes termos configura o chamado marketing sustentável, desenvolvido justamente por conta do aumento da procura por produtos ecológicos (TEIXEIRA, 2010).

Assim, a fim de comprovar que o estudo de impacto e a elaboração de um plano de gestão ambiental para os projetos são ferramentas benéficas e relevantes, é elaborado o presente estudo, analisando definições e conceitos, relacionando projetos e meio ambiente, e estudos de casos de projetos de engenharia que contam com tais ferramentas em qualquer grau, em forma de revisão de literatura.

O principal objetivo deste estudo é investigar a relevância de integrar gestão ambiental em projetos de engenharia desde a fase de planejamento através da revisão de literatura, desenvolvida seguindo a metodologia PRISMA (PAGE *et al.*, 2021), a fim de reunir publicações pertinentes ao tema e selecioná-las de maneira a responder às seguintes perguntas de pesquisa elaboradas: i) quais aspectos ambientais são considerados na gestão de projetos?; e ii) qual o impacto/efeito de considerá-los?

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta estudos que foram selecionados para fundamentar e justificar o objetivo deste estudo, fornecendo informações sobre a situação atual do campo de pesquisa em gestão de projetos e de sua relevância, especialmente do ponto de vista ambiental, através de publicações pertinentes e revisões de literatura sobre o assunto, algumas das quais se utilizando da metodologia PRISMA, um método consagrado e amplamente aplicado para identificar, selecionar, avaliar e sintetizar estudos numa revisão, além de auxiliar os revisores a relatá-la de maneira transparente.

A publicação do método, em 2009, consistia em uma lista com vinte e sete itens recomendados para relatar em revisões sistemáticas, além de orientações adicionais e exemplos. A declaração PRISMA é citada em mais de sessenta mil relatórios, endossada em quase duzentas revistas e organizações, e adotada em diversas disciplinas. Desde então, surgiram muitos avanços, e fez-se necessário atualizar a metodologia em 2020 e republicá-la com as devidas modificações (PAGE et al., 2021). Por servir como guia para revisões e por sua ampla e renomada aplicação, a metodologia PRISMA foi escolhida para guiar a revisão de literatura trazida na seção de resultados deste estudo. Ela será melhor descrita na seção de procedimentos metodológicos.

Um projeto é definido como um empreendimento que demanda recursos, incluindo humanos, com objetivos e metas definidos respeitando parâmetros de custo, prazo e qualidade. Para este estudo foram considerados e caracterizados projetos de engenharia como empreendimentos que envolvam atividades de construção e interferência no ambiente físico, trazendo impactos ambientais associados (MORAES, 2012).

A fase de planejamento consiste em definir os objetivos do projeto e definir os processos através dos quais estes objetivos serão atingidos. É necessário planejar cada etapa com o maior nível de detalhe possível, pois o grau de planejamento determinará o sucesso ou insucesso de um projeto. Uma grande variedade de atividades constituem esta etapa, exigindo mais tempo e empenho para que se economize tempo nas etapas posteriores mesmo frente a desvios. As atividades são, numa visão geral: definição de escopo, das atividades, dos recursos que elas exigem e sua duração, estabelecer o cronograma envolvendo prazos, custos e qualidade, mapear riscos e desenvolver planos de resposta e gestão (MORAES, 2012).

Pesquisadores do escopo de gestão ambiental concordam que a integração desta estratégia evoluiu no decorrer do tempo, sendo esta evolução caracterizada, num geral, pelos seguintes estágios: controle, no qual a empresa responsável pelo projeto se preocupa em atender exigências legais na saída, integrando pontualmente o aspecto ambiental, como controlar níveis de poluição por exemplo; prevenção, que integra a variável ambiental de maneira a otimizar processos, priorizando eficiência e melhor desempenho destes; e pró-atividade, fase em que o aspecto

ambiental é integrado de maneira matricial, disseminado na organização como um todo, e a gestão ambiental é entendida como estratégica, antecipando potenciais problemas ambientais e buscando a excelência eco-empresarial (TRINDADE, HEMING e DEIMLING, 2022).

Contudo, ainda é necessário enriquecer o campo de projetos de engenharia integrando a gestão ambiental. Muitos deles não contam com estudos de potenciais impactos preliminares, e quando ocorre o impacto são adotadas medidas de remediação, não tão eficientes quanto seriam as preventivas. Além disso, por vezes alguns impactos potenciais são desconhecidos, então não há base suficiente para fundamentar planos de ação adequados e de resposta imediata. Como um exemplo, podemos citar o rompimento da barragem do reservatório Liujiatai no ano de 1963 em Hebei, na China, que trouxe diversos impactos, sendo eles perda de água e solo, danos à propriedades agrícolas, poluição da água e danos à morfologia do rio Boundary, localidade do reservatório. Havia população em risco na região do reservatório, além de empresas poluidoras na região inundada. Um estudo feito sobre o caso concluiu que medidas de proteção deveriam ter sido tomadas antecipadamente, como realocar a população em risco, aplicar tratamento à prova de água em instalações próximas, proteger as fontes de poluição das empresas poluidoras e tratar a erosão fluvial na região. Isso indica que, se conhecidos os potenciais impactos anteriormente, haveria a possibilidade de se adotar medidas preventivas e os impactos negativos teriam sido reduzidos (GU *et al.*, 2020).

Como exemplo oposto, há um estudo que avaliou os possíveis impactos de uma outra atividade. Esperando-se que a mineração de nódulos polimetálicos em águas profundas comece na próxima década, foi feito um levantamento sobre os fatores que podem impactar tal atividade e proposto um sistema de gestão ambiental para ela, antes mesmo de ter início sua implementação, movido pela necessidade de se desenvolver melhores práticas para minimizar os potenciais impactos ambientais desta nova indústria. Os autores afirmam que os processos de gestão ambiental específicos do projeto, como a avaliação do impacto ambiental (AIA) associada ao plano de gestão e monitorização ambiental (*environmental management and monitoring plan*, ou EMMP em inglês), devem ser eficazes para mitigar suficientemente os impactos ambientais dos projetos de mineração em alto mar. Os fatores impulsionadores são os seguintes: a atividade facilitará a transição para a energia limpa, aumentará a diversidade da oferta mineral, e o ciclo de vida dos minerais se tornará mais sustentável. As barreiras são a incerteza sobre os ecossistemas de águas profundas, sobre a avaliação dos impactos e sobre o apoio das partes interessadas. Os facilitadores são a abordagem preventiva e ecossistêmica somada a uma gestão adaptativa, que são interdependentes capazes de enfrentar as barreiras identificadas (HYMAN *et al.*, 2022).

Incorporar a sustentabilidade no planejamento, concepção, construção e gestão de projetos é uma responsabilidade indispensável das organizações. Em uma síntese de literatura, foram estudados temas e capacidades essenciais que refletem a sustentabilidade do gerenciamento de projetos de construção. Identificou-se que as capacidades abrangem não apenas a fase de construção, mas também as fases de projeto e comissionamento, e que os projetos devem contemplar três aspectos da sustentabilidade: ambiental, social e econômico. Concluiu-se que dois grupos de capacidades determinam o nível de sustentabilidade na gestão de projetos: as orientadas para a execução, que ajudam a seguir métodos mais sustentáveis e a tomar medidas essenciais durante a execução das atividades para que os riscos de sustentabilidade sejam minimizados (como geração de resíduos e segurança, por exemplo); e as orientadas para o produto, que contribuem para atender aos recursos de sustentabilidade nos produtos finais. Alguns critérios devem ser incorporados nos estágios iniciais para garantir o atendimento às características de sustentabilidade. A revisão também identificou que a prática sustentável ainda não é parte permanente em projetos de construção (ERSHADI e GOODARZI, 2021).

É necessário considerar todos os aspectos do projeto, pois cada um deles é passível de causar impacto ambiental, como a geração de resíduos de construção e demolição. Existem ferramentas de gestão destes resíduos, mas é necessário avaliar sua eficácia. Um estudo levantou os fatores que influenciam esta gestão, e concluiu-se através dos resultados que as atitudes das partes interessadas são o fator que exerce o papel mais significativo, o que comprova a necessidade de disseminar conhecimentos acerca da sustentabilidade e responsabilizar autoridades e partes envolvidas, para que estas tenham ciência dos impactos potenciais e incentivem a adoção de medidas para lidar com eles adequadamente. Os resultados também demonstram que a reciclagem é a estratégia que recebe maior atenção, acima da reutilização e da redução, trazendo à tona a necessidade de gerenciar a destinação dos resíduos para facilitá-la e reduzir os impactos da geração destes (KABIRIFAR *et al.*, 2021).

Os resíduos de construção civil podem vir a ser reutilizados, especialmente se implementada a reutilização adaptativa, visando maximizar o valor e a utilidade dos ativos. Um estudo propõe a desmontagem sequencial para recuperar componentes alvo, porém os autores explicitam que ainda não há estudos suficientes no campo nem evidências para possibilitar a otimização de benefícios financeiros e ambientais. Os resultados mostram que há diferentes planos de desmontagem que levam em conta diversas combinações de fatores, restrições, métodos e até a interdependência no desmonte, e o método trazido no estudo dá base para a tomada de decisão em projetos considerando a reutilização adaptativa, respaldando a gestão sustentável e conservação de recursos durante a desmontagem (SANCHEZ *et al.*, 2020).

Outros impactos podem ser reduzidos na escolha de material para o projeto, já que a utilização de certos materiais pode interferir significativamente na pegada gerada ao longo do ciclo de vida da construção. Porém a indústria ainda não está devidamente munida de abordagens que considerem todos os três aspectos da sustentabilidade (ambiental, social e econômico) na escolha de materiais. Um estudo propõe uma estrutura que integra a Avaliação de Sustentabilidade do Ciclo de Vida (*Life Cycle Sustainability Assessment*, LCSA em inglês), a Análise de Decisão Multicritério (*Multi-Criteria Decision Analysis*, MCDA em inglês) e a Modelagem de Informações de Construção (*Building Information Modeling*, BIM em inglês), para que os tomadores de decisão em projetos escolham os materiais mais adequados. Aplicou-se esta estrutura no estudo de caso de um edifício residencial, abrangendo as fases de construção, operação e fim de vida dele. Das alternativas de materiais propostos, encontrou-se uma variação de até 509,97% no potencial de aquecimento global, e detectou-se uma variação de 16,11% no custo de energia para iluminação e 22,80% de variação no custo de energia para AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado). Isso comprova o quanto a escolha de material pode impactar a sustentabilidade de uma construção e gerar impactos (FIGUEIREDO *et al.*, 2021).

Outro estudo que propõe um método para avaliar construções, desta vez na cobertura de um pavilhão desportivo em Vila-seca, na Espanha, avaliou a sustentabilidade dos componentes estruturais usando o Modelo de Valor Integrado para Avaliação de Sustentabilidade (*Modelo Integrado de Valor para una Evaluación Sostenible*, ou MIVES, em espanhol). Ele foi aplicado para avaliar a sustentabilidade de diferentes alternativas de vigas para apoiar a cobertura, considerando diversos requisitos, critérios e indicadores, chegando à conclusão de que as treliças de madeira e de concreto armado seriam as mais sustentáveis para o projeto, que não são opções comumente usadas (JOSA *et al.*, 2020).

A industrialização urbana somada à não adoção de medidas sustentáveis em projetos tem causado grave contaminação do solo no mundo inteiro. A literatura denomina *brownfield* este tipo de solo, previamente industrial ou comercial, cujo uso futuro é afetado pela contaminação. Muitas destas áreas têm sido abandonadas pois o custo de remediação é elevado, e ainda há risco de poluição secundária resultante da aplicação de tecnologias tradicionais de remediação. As *nature-based solutions* (traduzindo: soluções baseadas na natureza) são ações inspiradas, copiadas ou apoiadas pela natureza, que podem ser utilizadas na remediação de solos, como a fitorremediação, por exemplo. O campo de pesquisa nesta área, porém, é muito novo e é necessário compreendê-lo melhor. Conhecer os impactos de um dado projeto no solo, neste caso específico, fundamentaria um sistema de gestão constituído por técnicas e métodos de proteção do solo inovadores, acessíveis e benéficos, visando mitigar estes impactos (SONG *et al.*, 2019).

Mais e mais projetos são encerrados antes de terem início, principalmente devido aos riscos de custo, cuja gestão enfrenta diversos problemas nas empresas. Os principais *players* de mercado têm exigido cada vez mais sustentabilidade em construções, então faz-se necessário estudar os fatores que têm afetado os projetos e causado seu fracasso nas fases iniciais. Uma publicação estudou as perspectivas de especialistas em construção quanto aos custos de risco e analisou a estrutura de custos correspondente ao investimento em projetos sustentáveis, depois usou da simulação Monte Carlo para calcular o risco de custo, e por fim criou um questionário final para obter *feedback* dos especialistas. As respostas deste questionário mostram que analisar uma simulação probabilística de custos de projetos de construção sustentável baseada nos custos de construção é importante, e tais custos devem corresponder à eficiência econômica e ambiental deles. Os autores ressaltam que os resultados do projeto geralmente se evidenciam nas etapas pós-execução, portanto deve-se estender o estudo para simular o comportamento de projetos de construção sustentável ao longo de todo seu ciclo de vida, além de monitorá-los continuamente (GÓRECKI e DIAZ-MADRONERO, 2020).

Notou-se um aumento no abandono de projetos devido à pandemia do coronavírus (COVID-19), já que esta trouxe efeitos ambientais, econômicos e sociais em escala mundial. Dado que isto causa impactos negativos não só ao meio ambiente mas também na socioeconomia e na gestão de infraestruturas, um estudo foi feito propondo uma lista de verificação de avaliação do plano de abandono de pré-projeto sustentável na Malásia, alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e com a legislação aplicável, visando minimizar os impactos negativos, já que o país exige a apresentação de um plano de abandono seguindo as Diretrizes Ambientais (*Environmental Guidelines in Malaysia*, ou EGIM). Mesmo não sendo tão recorrente e não havendo muitos estudos na área, é cada vez mais desejável e até exigido que o encerramento de um projeto seja feito da maneira mais sustentável possível, e faz-se necessário expandir a pesquisa neste campo também (ABDULLAH *et al.*, 2022).

Com o crescimento da urbanização, aumenta a necessidade de integrar a sustentabilidade nesta área, o que traz desafios por conta de seu crescimento acelerado. As tecnologias baseadas em *big data* são possíveis soluções para enfrentá-los, podendo ser usadas para instrumentação digital, decisões baseadas em dados e evidências, governança e gestão em tempo real. Integrar a sustentabilidade no meio urbano através de projetos de engenharia pode garantir o bom funcionamento de seus assuntos, como transportes e tráfego, gestão de resíduos, energia, ambiente, infraestruturas, segurança, saúde, planejamento e participação dos cidadãos para proporcionar melhoria urbana (WU *et al.*, 2022).

Todos os setores urbanos desempenham um papel importante na busca por atingir os objetivos do Acordo de Paris, os ODS e os planos de recuperação pós COVID-19, e o resultado de abranger todos eles com estratégias sustentáveis é a redução dos impactos ambientais e a aceleração da transição verde em maiores escalas. Deve-se envolver na elaboração de estratégias todos os aspectos, econômicos e não-econômicos, sociais, ambientais, entre outros, levando em conta diferentes pontos de vista, e integrando todas as partes interessadas. Foi feita uma análise de custo-benefício de integrar a sustentabilidade no meio urbano, sendo a primeira a ser realizada usando o método *COmpoSItte Model for Assessment* (COSIMA), um padrão de projeto, aplicado ao desenho urbano (construções, iluminação, água, transportes e resíduos). Foi aplicado em um estudo de caso em Turim, na Itália, comparando diferentes estratégias e comparando seu custo benefício. Concluiu-se que, apesar dos maiores custos iniciais, as combinações mais invasivas são as mais benéficas (DELL'ANNA *et al.*, 2023).

A diferença entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento em se tratando do conhecimento de gestão ambiental do qual dispõem também precisa ser abordada. Em um estudo, foram comparadas a evolução de ferramentas de gestão ambiental em países desenvolvidos especialmente no campo da refinaria, representados pelos Estados Unidos e pelos países da União Europeia, e no Cazaquistão, representando os países em desenvolvimento. Notou-se que neste último há escassez de ferramentas ambientais adequadas e lacunas na legislação, além de não serem seguidos técnicas e mecanismos aprovados cientificamente como nos países desenvolvidos. Os resultados apontam que as refinarias no Cazaquistão ainda precisam implementar técnicas de reuso de água e melhorar as técnicas já existentes para tratamento de água, incrementando-as com técnicas eficientes e avançadas. Os autores apontam, porém, que as principais barreiras estão nas políticas desatualizadas e na percepção da indústria sobre o avanço tecnológico e os custos de novas técnicas (RADELYUK *et al.*, 2021).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho faz uso da metodologia PRISMA (explicitada por Page et al., 2021) para executar uma revisão sistemática. No documento que detalha este método consta um fluxo de informação cujas etapas serão levadas em consideração. São elas: Identificação, na qual é feito o levantamento de artigos nas bases de dados; Triagem, que é definida pela eliminação de documentos repetidos, decorrentes da pesquisa em diferentes de bases de dados; e Elegibilidade, onde são estabelecidos critérios para eliminar artigos de menor relevância para o estudo, refinando a revisão. Este fluxo denomina “incluídos” os artigos considerados elegíveis para a revisão após estas três etapas.

Para fazer o levantamento dos documentos a serem usados no presente estudo, a pesquisa foi feita em duas bases de dados: Scopus e Web of Science. Em ambas, foram inseridas as palavras-chave na ferramenta de busca para fazer a pesquisa de artigos e publicações científicas.

As palavras-chave usadas na pesquisa foram aquelas em inglês trazidas no *abstract*, apenas com diferentes combinações, que constam na Tabela 1. Para cada combinação de palavras-chave, o conector usado foi o “e” (ou “*and*”, em inglês). O asterisco na frente das palavras indica que o que vem antes do asterisco se manteria, mas o que vem depois poderia ser qualquer opção existente (ex: no caso de *environment\**, poderia ser exatamente *environment*, ou *environments*, *environmental*, etc.)

Tabela 1 - Combinações de palavras-chave usadas na pesquisa

Fonte: autora.

engineering, project*, environment*
engineering, project*, environment*, impact*
engineering, project*, environment*, impact*, aspect*
engineering, project*, environment*, impact*, aspect*, assess*
engineering, project*, environment*, impact*, aspect*, manage*
engineering, project*, environment*, impact*, aspect*, manage*, plan*
project*, environment*, impact*
project*, environment*, impact*, assess*
project*, environment*, impact*, aspect*, manage*, plan*
project*, environment*, impact*, aspect*, manage*, plan*, assess*

Usando a ferramenta Excel, foram registrados os resultados das pesquisas. Estes resultados, atrelados a cada pesquisa feita e palavras-chave e conectores utilizados em cada uma delas, estão explicitados através de um fluxograma (na Imagem 1) e na Tabela 2.

As bases de dados permitem exportar os resultados das pesquisas, com dados relevantes sobre cada artigo (como autores, palavras-chave, veículo em que foi publicado, identificadores, entre outros), dentre várias opções, em formato de planilha (.csv ou .xls) para serem usados e manuseados na ferramenta Excel, da Microsoft. A união destes resultados obtidos conclui a etapa de Identificação da metodologia.

Usando os diferentes métodos de tratamento de dados em planilhas digitais é possível eliminar repetições existentes, já que a mesma publicação pode ter sido resultado de mais de uma pesquisa. A remoção das publicações repetidas classifica a segunda etapa da metodologia, a Triagem.

Depois de triados, os artigos restantes passam pela terceira etapa, Elegibilidade. Como na planilha constam diferentes dados relativos ao artigo ou publicação, é possível estabelecer critérios para a seleção dos artigos que passarão para a próxima etapa.

Um destes critérios é a compatibilidade das palavras-chave com as perguntas de pesquisa, relatadas na introdução. Se coerentes, os artigos são passíveis de análise; se não, estes artigos podem ser descartados, filtrando mais a pesquisa. Alguns exemplos que podem ser citados de palavras-chave que não correspondem ao objetivo do estudo são: *mobile phone charger*, *professional work placement*, *engineering ethics education*, *practice teaching*, *integrated coastal management*, *Health in All Policies*, entre outros.

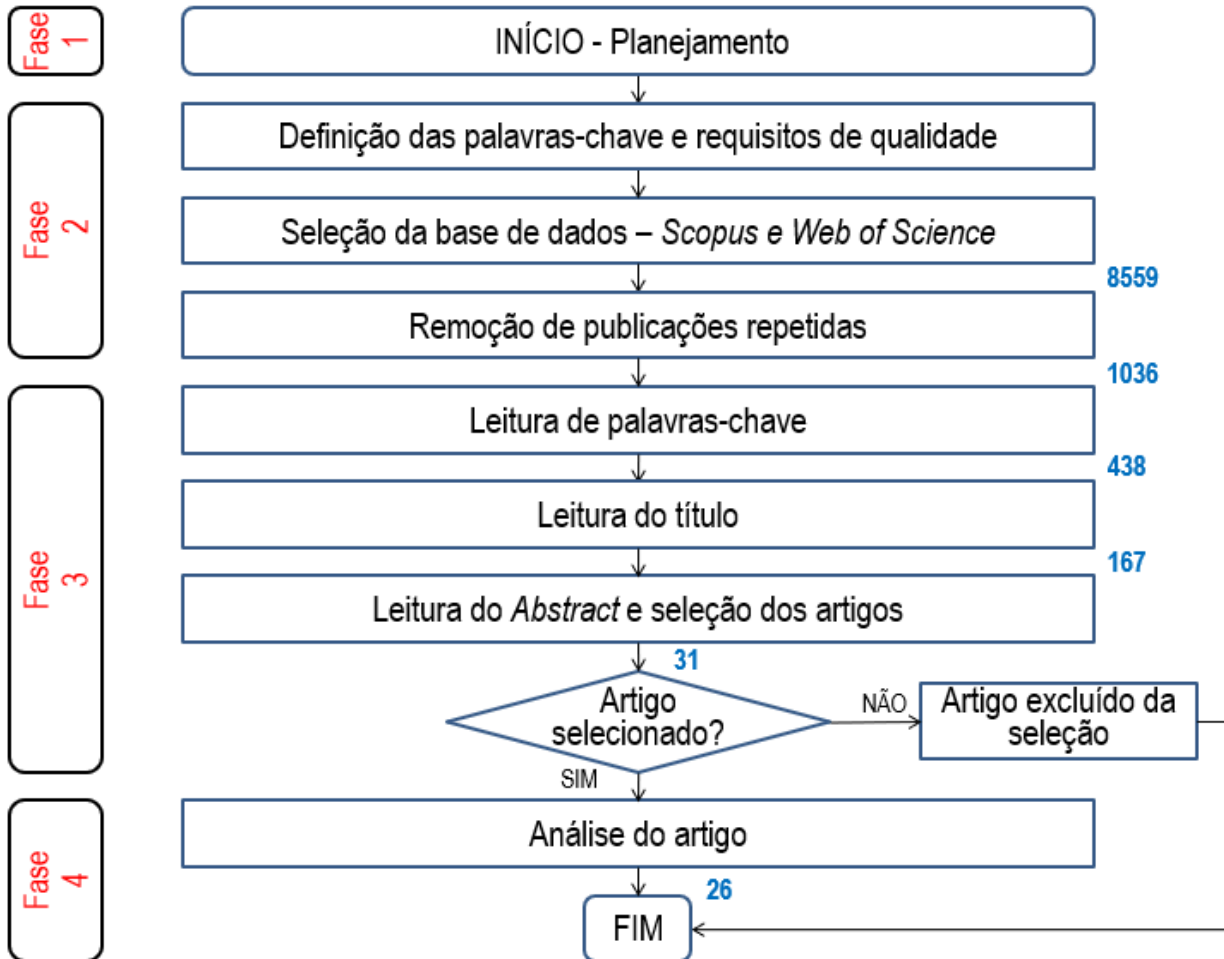
Outro critério possível é o título do documento. Caso o título pareça compatível com o objetivo do estudo, o artigo continua sendo levado em consideração e, caso não, ele é descartado. Trazendo exemplos de títulos que não são coerentes com o objetivo do trabalho, tem-se: *“Aquaculture in tourist destinations: the need to consider economic aspects in environmental impact studies”*, *“Environmental Impact Assessments in Investment Process - Legal and Methodological Aspects”*, *“Consumer interest in environmental impact, safety, health and animal welfare aspects of modern pig production: Results of a cross-national choice experiment”*, e etc.

Após a aplicação desses critérios de análise mais breve, pode-se dar início a uma leitura sucinta dos artigos, iniciando pelo resumo, ou *abstract*, e expandindo a leitura conforme necessário para analisar sua elegibilidade. Caso o texto continue compatível com o assunto da pesquisa, o documento continua no grupo que será levado em consideração; caso não, ele será retirado. Este

procedimento resultará numa seleção de publicações adequadas ao tema e facilitará uma revisão eficiente e precisa.

Imagem 1: Fluxograma da metodologia PRISMA com resultados obtidos

Fonte: autora (adaptado de PAGE et al., 2021).



Finalizando a terceira etapa com apenas os artigos de fato relevantes para o estudo, temos os documentos que serão incluídos na pesquisa, concluindo as etapas do fluxo da metodologia PRISMA.

## 4 RESULTADOS E ANÁLISE

### 4.1 Publicações selecionadas

A metodologia descrita foi aplicada e, como consta no fluxograma da Imagem 1, o número de artigos selecionados foi 26. A partir destes, foi elaborada a síntese dos resultados, apresentada nesta seção. A Tabela 2 apresenta dados dos artigos selecionados para a revisão de literatura.

O gráfico apresentado na Imagem 2 traz as porcentagens dos estudos selecionados por ano de publicação, sendo os mais antigos publicados em 2019, e os mais recentes em 2023, indicando que os estudos selecionados são recentes mesmo sem a aplicação de critérios de ano de publicação na etapa de Identificação.

Imagem 2: Ano de publicação dos estudos selecionados

Fonte: autora.

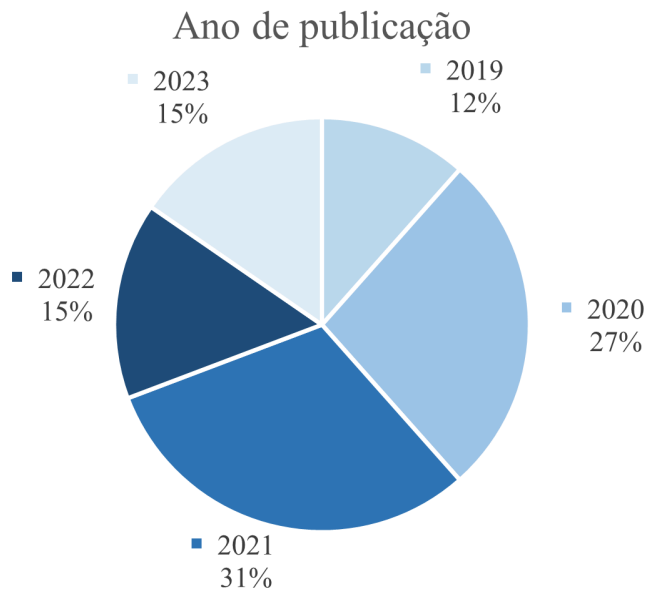


Tabela 2 - artigos selecionados

Fonte: autora.

<b>Título do artigo</b>	<b>Autores</b>	<b>Volume e ano de publicação</b>	<b>Fonte</b>
Thematic evolution and trends linking sustainability and project management: Scientific mapping using SciMAT	Gibbin, Randal Victor; Sigahi, Tiago F. A. C.; Pinto, Jefferson de Souza; Rampasso, Izabela Simon; Anholon, Rosley	v. 414, 2023	Journal of Cleaner Production
Assessment of driving factors for sustainable infrastructure development	Chan, Melissa; Jin, Hongyu; van Kan, David	v. 185, 2022	Resources, Conservation and Recycling
The Relationship between National Culture and Organizational Culture in Determining the Project Success Factors in the Perception of Project Professionals in Malaysia	Muthusamy, Kanesan; Adnan, Roslinda Che	v. 498, 2020	5th International Conference on Civil and Environmental Engineering for Sustainability (Iconcees 2019)
A Systematic Literature Review on Local Sustainability Assessment Processes for Infrastructure Development Projects in Africa	Koppa, Etheldreder Trecia; Musonda, Innocent; Zulu, Sambo Lyson	v. 15, 2023	Sustainability
Predictive methodology for the quantification of environmental aspects in urban infrastructures	Araújo, Adolpho Guido De; Carneiro, Arnaldo Manoel Pereira; Palha, Rachel Perez	v. 12, 2020	Sustainability
The sectoral lens and beyond: Exploring the multidimensional perspectives of sustainable road infrastructure development	Suprayoga, Gede B.; Witte, Patrick; Spit, Tejo	v. 37, 2020	Research in Transportation Business and Management
Comparative assessments for environmental impacts from three advanced asphalt pavement construction cases	Wang, Fusong; Hoff, Inge; Yang, Fei; Wu, Shaopeng; Xie, Jun; Li, Na; Zhang, Lei	v. 297, 2021	Journal of Cleaner Production
Design variables affecting the environmental	Zhou, Yijun; Ma, Mingxue; Tam, Vivian WY.;	v. 387, 2023	Journal of Cleaner Production

impacts of buildings: A critical review	Le, Khoa N.		
BIM-LCA integration for the environmental impact assessment of the urbanization process	Marrero, Madelyn; Wojtasiewicz, Maciej; Martinez-Rocamora, Alejandro; Solis-Guzman, Jaime; Desiree Alba-Rodriguez, M.	v. 12, 2020	Sustainability
A study on environmental impact assessment of prefabricated building construction	Lyu Guifen; Huang, Yu-Che; Shang Bei	v. 330, 2019	2019 International Conference on Advances in Civil Engineering, Energy Resources and Environment Engineering
Assessment of environmental performance in building construction sites: Data envelopment analysis and Tobit model approach	Albertini, Felipe; Gomes, Luciana Paulo; Bica Grondona, Atilio Efrain; Caetano, Marcelo Oliveira	v. 44, 2021	Journal of Building Engineering
Investigating the environmental impacts of construction projects in time-cost trade-off project scheduling problems with CoCoSo multi-criteria decision-making method	Banihashemi, Sayyid Ali; Khalilzadeh, Mohammad; Zavadskas, Edmundas Kazimieras; Antucheviciene, Jurgita	v. 13, 2021	Sustainability
A review of energy-efficient and sustainable construction scheduling supported with optimization tools	Dasović, Borna; Klanšek, Uroš	v. 15, 2022	Energies
Risk Management in Construction Project: Taking Sustainability into Account	Bizon-Gorecka, Jadwiga; Gorecki, Jaroslaw.	v. 471, 2019	3rd World Multidisciplinary Civil Engineering, Architecture, Urban Planning Symposium (WMCAUS 2018)
Assessment of the sustainability of a real estate project using multi-criteria decision making	Dobrovolskienė, Nomedė; Pozniak, Anastasija; Tvaronavičienė, Manuela	v. 13, 2021	Sustainability

Verification of the Adequacy of the Portuguese Sustainability Assessment Tool of High School Buildings, SAHSB <sup>PT</sup> , to the Francisco de Holanda High School, Guimarães	Saraiva, Tatiana Santos; Almeida, Manuela; Braganca, Luis; Barbosa, Maria Teresa	v. 11, 2019	Sustainability
Environmental evaluation of pump replacement period in water supply systems of buildings	Zhou, Yang; Lee, Eric Wai Ming; Wong, Ling-tim; Mui, Kwok-wai	v. 40, 2021	Journal of Building Engineering
A selective disassembly multi-objective optimization approach for adaptive reuse of building components	Sanchez, Benjamin; Rausch, Christopher; Haas, Carl; Saari, Rebecca	v. 154, 2020	Resources, conservation and recycling
A risky output of variation orders in renewable energy projects: identification, assessment and validation	Maqbool, Rashid; Deng, Xiaomei; Ashfaq, Saleha	v. 743, 2020	Science of the Total Environment
Strategic Environmental Assessment and the precautionary principle in the spatial planning of wind farms—European experience in Serbia	Josimović, Boško; Cvjetić, Aleksandar; Furundžić, Danilo	v. 136, 2021	Renewable and Sustainable Energy Reviews
Strategic environmental assessment in the application of preventive protection for wind farm noise—case study: Maestrals ring wind farm	Josimović, Boško D.; Cvjetić, Aleksandar; Manić, Božidar	v. 14, 2021	Energies
A Bayesian Network model to identify suitable areas for offshore wave energy farms, in the framework of ecosystem approach to marine spatial planning	Maldonado, Ana D.; Galparsoro, Ibon; Mandiola, Gotzon; de Santiago, Iñaki; Garnier, Roland; Pouso, Sarai; Borja, Ángel; Menchaca, Iratxe; Marina, Dorleta; Zubiate, Laura; Bald, Juan	v. 838, 2022	Science of The Total Environment
Sustainability assessment of hydropower projects	Nautiyal, Himanshu; Goel, Varun	v. 265, 2020	Journal of Cleaner Production
A new sustainability analysis technique for the	Pacheco, Jose Marcos Leite; Dantas, Teresa	v. 6, 2022	Cleaner Engineering and

design of oil production facilities	Neuma de Castro; Aramayo, Jesus Leodaly Salazar; dos Santos, Adriano		Technology
Indigenous forest livelihoods and bauxite mining: A case-study from northern Australia	Annandale, Mark; Meadows, John; Erskine, Peter	v. 294, 2021	Journal of Environmental Management
Integrated early-stage environmental and economic assessment of emerging technologies and its applicability to the case of plasma gasification	Sauve, Giovanna; Esguerra, John Laurence; Laner, David; Johansson, Joakim; Svensson, Niclas; Van Passel, Steven; Van Acker, Karel	v. 382, 2023	Journal of Cleaner Production

## 4.2 Síntese dos resultados

A seguir, estão descritas sínteses das publicações selecionadas resultantes da aplicação da metodologia PRISMA, já apresentadas no tópico anterior, dividida em 4 subtópicos de acordo com os principais assuntos abordados nos estudos selecionados para melhor organização, compreensão e análise da situação atual do campo de pesquisa que integra gestão de projetos à sustentabilidade, onde ela tem sido aplicada e onde ainda há deficiências.

### 4.2.1 *Evolução da sustentabilidade em projetos*

Gestão de projetos é uma área chave para a sustentabilidade, por isso é necessário entender como incorporá-la na compreensão destes projetos e em todas as suas fases. Um dos estudos selecionados analisa a evolução dos temas e as tendências de pesquisa que relacionam sustentabilidade e gestão de projetos, utilizando a ferramenta Science Mapping Analysis Software Tool (SciMAT). Os resultados obtidos mostram que o campo de interseção de ambos estes temas é abundante e continua em expansão, mostrando oportunidades de pesquisa e conhecimento. Os autores apontam, entretanto, a existência de desafios ambientais que trazem incerteza, e por isso pesquisadores devem dedicar seus esforços a entender como essas abordagens podem ajudar a incorporar sustentabilidade na gestão de projetos (GIBBIN et al, 2023).

Um grupo de pesquisadores elaborou um estudo para que o conhecimento sobre os fatores que impulsionam o desenvolvimento sustentável em infraestruturas fosse enriquecido. Foram incluídos aspectos tecnológicos, organizacionais, ambientais e financeiros, depois foi avaliada a correlação entre eles, sendo ordenados conforme sua importância relativa. Os autores concluíram que fatores como cultura organizacional, apoio à gestão e demanda de partes interessadas desempenham o papel mais importante na promoção do desenvolvimento sustentável de infraestruturas. Este estudo também fornece informações sobre os fatores impulsionadores identificados, servindo como base de referência para que as partes interessadas de projetos possam facilitar práticas sustentáveis em infraestruturas (CHAN, JIN e VAN KAN, 2022).

Na Malásia, foi feita uma pesquisa sobre os fatores de sucesso na perspectiva de profissionais envolvidos em projetos. Os autores consideram importante conhecê-los para se saber o que influencia ou determina o sucesso ou o fracasso de um projeto. A motivação para essa pesquisa foi o fato de haverem estudos na área feitos em países desenvolvidos, não necessariamente aplicáveis para países em desenvolvimento, como a Malásia. Os resultados apontam que a percepção de fatores de sucesso varia com diferentes culturas, o que ajuda empresas a adaptarem projetos efetivamente às várias culturas em que atuam, além de estender geograficamente sua

operação e até mesmo tornar a diversidade cultural uma vantagem em seus projetos. (MUTHUSAMY e ADNAN, 2020).

Na África, foi feita uma revisão sistemática de literatura para identificar e analisar processos de avaliação de sustentabilidade para o desenvolvimento de infraestruturas no continente, mostrando que ele ainda está atrasado neste campo. Mesmo que a infraestrutura seja de vital importância para o desenvolvimento dele, poucos países têm implementado localmente processos para avaliar sua sustentabilidade. Cinco países africanos contam com processos assim: Egito, Nigéria, Malawi, Quênia e África do Sul. Os resultados mostram que os processos implementados nestes países correspondem à maioria dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), mas que ainda é necessário integrar nestes processos outros aspectos ambientais de preocupação crescente. Este tipo de estudo é importante para revelar a situação atual de projetos já concluídos e pontos onde pode haver melhorias, permitindo a aplicação de medidas preliminares que estejam cada vez melhor alinhados com a sustentabilidade (KOPPA, MUSONDA e ZULU, 2023).

Em outro estudo, um grupo de autores propõe uma metodologia para as atividades de infraestrutura urbana, a fim de quantificar aspectos ambientais considerando critérios de duração e severidade. Foram selecionados e calculados 10 aspectos ambientais para 6 atividades de construção (terraplenagem, sistema de drenagem de águas pluviais, sistema de abastecimento de água, sistema de energia elétrica, pavimentação e contenção). Os resultados mostraram cinco aspectos ambientais mais significativos dentre os 10 propostos: emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE), uso de energia, poluição sonora, poluição da água, e poluição do solo. Isso possibilita que projetos urbanos possam ser avaliados objetivamente com uma metodologia que quantifica aspectos ambientais na fase de pré-construção, dando base a planos de gestão ambiental para mitigação de impactos ao meio ambiente antes da implementação do projeto (ARAÚJO, CARNEIRO e PALHA, 2020).

A incorporação da sustentabilidade no desenvolvimento de infraestrutura rodoviária por parte de órgãos públicos em países em desenvolvimento se mostra limitada, resultando em um foco também limitado em elementos específicos que são incluídos em políticas públicas. Foi feito um estudo que traz uma estrutura e uma metodologia que vão equipar os órgãos para incorporar a sustentabilidade de maneira integrativa. Esta estrutura leva em conta a infraestrutura e dimensões espaciais e temporais, que relacionam efeitos econômicos, sociais e ambientais causados pelo desenvolvimento rodoviário, além de também incluir aspectos institucionais e políticos. Os autores sugerem uma metodologia de digitalização para incorporar sustentabilidade ao desenvolvimento rodoviário, por atentar-se às tarefas de órgãos públicos e o contexto da aplicação (SUPRAYOGA, WITTE e SPIT, 2020).

Ainda no âmbito de infraestrutura rodoviária, outro dos estudos selecionados fez uma análise comparativa entre os impactos ambientais resultantes do uso de três tipos diferentes de asfalto, em específico o consumo de energia e as emissões de GEEs no ciclo de vida de cada um, sendo eles: mistura asfáltica quente (inglês: *warm mix* - WM), escória de aciaria reciclada (inglês: *steel slag recycled* - SR) e mistura asfáltica auto curável (inglês: *self-healing* - SH). Os resultados mostram que, considerando só a camada asfáltica superior, a construção usando a SR causa menor impacto ambiental. Considerando todas as camadas asfálticas, a construção usando WM é a mais ecológica. O estudo também identificou que o uso de materiais reciclados, distância de transporte e condições climáticas são três aspectos que afetam de forma significativa os impactos ambientais da construção de pavimentos asfálticos (WANG et al, 2021). Estudos como tal dão base para melhores tomadas de decisão na fase de planejamento de projetos de infraestrutura rodoviária e, neste caso específico, na escolha de materiais e técnicas para pavimentação.

#### **4.2.2 Projetos de construção civil**

Partindo para a esfera de construções, sabe-se que este setor é responsável por grande parte dos impactos ambientais. Os impactos de um edifício no decorrer de seu ciclo de vida são em grande parte determinados pelas decisões tomadas durante o processo de projetar a construção. Para que essas decisões sejam mais ecológicas, é necessário compreender quais variáveis de projeto afetam os impactos ambientais de um edifício ao longo do seu ciclo de vida. Visto isso, um estudo foi feito a fim de identificar estas variáveis em três estágios de projeto (estágios iniciais de projeto, fases de projeto detalhado e fases de projeto de construção) durante os processos. Os resultados revelam que oito variáveis de projeto nos estágios iniciais afetam os impactos ambientais, sendo elas relacionadas à dimensões, proporções e formatos do edifício. Nas fases de projeto detalhado, existem quatro variáveis, todas relacionadas aos materiais e componentes de construção. Os tipos de materiais de acabamento estão intimamente relacionados aos impactos ambientais nas fases de projeto de construção. As descobertas feitas neste estudo também fornecem uma direção de pesquisa futura sobre variáveis de projeto para a construção de edifícios ecologicamente corretos (ZHOU et al, 2023).

Avanços tecnológicos têm facilitado a avaliação dos impactos presentes e futuros de projetos de construção. O *Building Information Modeling* (BIM), por exemplo, e outras ferramentas de *software*, permitem incorporar indicadores ambientais nos elementos que compõem o projeto para avaliá-lo. Assim, em outro dos documentos selecionados foi avaliada a aplicação de indicadores ecológicos através de plataformas BIM, além de barreiras e incertezas, sendo proposto pelos autores um modelo para avaliar o impacto ambiental de um projeto por meio de tais indicadores (como

pegada de carbono, pegada hídrica e energia incorporada). Para isso, foi preciso determinar as quantidades de cada elemento construtivo e sua decomposição em sub elementos, tornando a análise muito dependente da confiabilidade dos dados de Análise do Ciclo de Vida (ACV). Interligar os dados de ACV e BIM exige conhecimentos mais aprofundados de programação, o que passa a exigir uma equipe multidisciplinar para elaborar esses projetos, sendo uma oportunidade de aprimorar o setor, introduzindo controle econômico e consciência ambiental respaldados pelo BIM (MARRERO et al, 2020).

Na China, assim como em todo o mundo, a preocupação ambiental relacionada à construção civil tem aumentado, e lá foi elaborado um artigo que discute as questões relevantes na avaliação de impacto ambiental dos projetos de construção em cidades de pequeno porte sob a perspectiva do impacto de novas construções no meio ambiente. Os autores analisam principalmente o impacto do método de construção pré-fabricado, antes e durante a construção dos edifícios característicos de pequenas cidades, levando em conta três aspectos: ambiente atmosférico, acústico e resíduos sólidos. O estudo de caso analisado mostra que os maiores impactos são a vibração sonora, a poluição do ar e a geração de resíduos sólidos. Tendo conhecimento disto, a equipe envolvida com os projetos pode ter uma melhor percepção de quais impactos seus projetos podem causar, como quantificá-los e qualificá-los e como implementar métodos para mitigar tais impactos (GUIFEN, YU-CHE e BEI, 2019).

Ainda em se tratando de impactos ambientais relacionados a construções, foi feito um estudo para analisar a ineficiência na instalação de um projeto de construção civil considerando aspectos ambientais (geração de resíduos, consumo de água e energia), para avaliar o efeito de medidas de gestão ambiental aplicadas desde a fase inicial do projeto. A Análise por Envoltória de Dados (em inglês *Data Envelopment Analysis*, ou DEA) foi aplicada para definir os níveis de eficiência técnica de cada canteiro de obras, e o modelo estatístico Tobit também foi utilizado para investigar os efeitos dos aspectos considerados no cálculo da eficiência. Foram estudados 16 canteiros, e a eficiência média calculada foi de 83,5%, com 5 canteiros se mostrando 100% eficientes. Os resultados mostraram que os padrões de construção dos edifícios impactaram negativamente o desempenho ambiental, mas os sistemas de produção e gestão aplicados na construção aumentaram a eficiência dos aspectos ambientais avaliados, o que comprova que uma gestão apropriada para o projeto é fundamental na redução de impactos ambientais causados por ele (ALBERTINI et al, 2021).

Na etapa de planejamento, muitas vezes é priorizada a implementação de um projeto com menor duração e menor custo, não necessariamente levando em conta o menor impacto ambiental. Tendo isso em vista, foi elaborado um estudo com o objetivo de minimizar simultaneamente o

tempo, o custo e os impactos ambientais de um projeto, avaliando o impacto ambiental das atividades de projetos de construção em três aspectos: físico, biológico e social. Foi trazido um estudo de caso de um projeto de construção de abastecimento de água urbano, utilizando a matriz de Leopold, e o melhor modo de execução de cada atividade do projeto foi selecionado usando o método de tomada de decisão multi-critério CoCoSo (*combined compromise solution*, em inglês), considerando o *trade-off* tempo-custo-impacto ambiental. Os resultados deste estudo orientam gestores e partes interessadas a integrar menor impacto ambiental a outras metas e objetivos, como menor tempo e menor custo. É sugerida a aplicação deste método a outros projetos, e também o uso de outras técnicas para calcular e avaliar os impactos ambientais das atividades do projeto (BANIHASHEMI et al, 2021).

Os cronogramas de construção podem não ser tão eficientes como deveriam e, vendo esta oportunidade, foi desenvolvido um artigo discutindo a aplicação de ferramentas de otimização para desenvolver cronogramas de construção energeticamente eficientes e sustentáveis. O artigo também analisa diferentes métodos de programar a construção visando a otimização, e seus impactos na eficiência energética do cronograma e nos três principais objetivos de sustentabilidade: viabilidade econômica, equidade social e proteção ambiental. Para cada estudo revisado no documento, é determinado se este adotou metas de eficiência energética e quais dimensões de sustentabilidade considerou dentro do modelo de otimização proposto, ilustrando o potencial de utilização desses métodos e discutindo suas vantagens e desvantagens (DASOVIĆ e KLANŠEK, 2022).

Para integrar com êxito o desenvolvimento sustentável em projetos de construção, é preciso incluir os problemas ambientais na gestão de riscos do projeto, considerando as condições e os efeitos ecológicos das atividades econômicas envolvidas nele. A gestão de riscos é considerada um processo muito importante, sendo eficaz quando aplicada ao longo de todo o ciclo de vida do projeto, apoiando o cumprimento dos objetivos dele em termos de tempo, custo, qualidade, segurança e sustentabilidade. As atividades de construção estão associadas a interferências profundas e duradouras no ambiente natural e ao consumo de uma quantidade significativa de recursos, sendo onerosas para o meio ambiente (BIZON-GORECKA e GORECKI, 2019).

Vários especialistas e instituições tomadoras de decisão estão envolvidos no projeto, configurando em muitas partes interessadas, em diferentes graus, em diferentes fases dele. Foi desenvolvido um estudo focado no aspecto da sustentabilidade, fazendo uma pesquisa entre empresários da construção civil nos anos de 2015 e 2016 sobre o consumo de combustíveis e energia nos processos das obras, dando base para que empreendedores possam reconhecer problemas e oportunidades de melhoria. Também foi desenvolvido pelos autores um material para guiar o mapeamento de riscos de projetos, afirmando a importância de um gestor de riscos que se

atente a cada um deles, tendo o objetivo de atingir as metas do projeto da maneira mais eficiente possível. Eles ressaltam que as obras devem ser executadas com o respaldo de soluções técnicas, energeticamente econômicas, que permitam minimizar a utilização de recursos naturais nas fases de construção e manutenção, e que na fase final permitam a fácil liquidação da estrutura (BIZON-GORECKA e GORECKI, 2019).

Existem poucos índices e métodos para avaliar sustentabilidade em projetos imobiliários, e os que existem consideram apenas três dimensões: ambiental, social e econômica. Assim, foi elaborado um documento que traz a construção de um índice de sustentabilidade imobiliária (em inglês: *real estate sustainability index*, ou RESI) contando com uma nova dimensão: a tecnológica, promovendo o progresso e o investimento tecnológico no âmbito de projetos. O estudo consiste num levantamento de padrões relacionados à sustentabilidade relevantes para o setor imobiliário, sendo escolhidos a partir deles critérios de sustentabilidade, agrupados em quatro categorias: ambiental, social, econômica e tecnológica. Com 18 critérios, selecionados com base nas opiniões e experiência profissional de nove especialistas, foi construído um RESI. Isso apoia a conclusão de que a sustentabilidade deve ser compreendida e ampliada por uma dimensão tecnológica adicional. A inclusão dela é particularmente importante pois permite o desenvolvimento de novas tecnologias que são capazes de reduzir o impacto ambiental, aumentar a eficiência dos recursos, trazer uma vantagem competitiva no mercado e melhorar os padrões de vida desde as fases iniciais do projeto (DOBROVOLSKIENĖ, POZNIAK e TVARONAVIČIENĖ, 2021).

Dentre os estudos selecionados, um deles analisou o caso da Escola Secundária Francisco de Holanda, em Guimarães, Portugal, aplicando a metodologia SBTool (*Sustainable Building Tool*, traduzindo: Ferramenta de Construção Sustentável) desenvolvida especificamente para avaliar a sustentabilidade de escolas secundárias portuguesas, chamada SAHSB<sup>PT</sup> (*Sustainable Assessment for High School Buildings*, traduzindo: Avaliação de Sustentabilidade para Edifícios de Ensino Médio, sendo PT - Portugal). Os resultados mostram que a escola demonstra um bom resultado, com desempenho médio de 75%, o que é um bom prognóstico para outros colégios portugueses. Os aspectos analisados nesta análise podem ser usados para mapear novos projetos de construção, especialmente no caso de colégios, para aumentar seu desempenho sustentável (SARAIVA et al, 2019).

Em se tratando da substituição de instalações, é feita comumente uma análise de custos, mas não há base suficiente para analisar os aspectos ambientais desta atividade. Foi elaborado um estudo que introduz a avaliação ambiental, adotando a avaliação do ciclo de vida, tomando como exemplo as bombas de abastecimento de água em edifícios. Os autores propõem um modelo de avaliação ambiental de substituição da bomba de abastecimento de água para minimizar o impacto ambiental

do sistema, a partir de uma revisão de literatura para obter dados pertinentes para determinar os fatores que interferem no impacto da bomba. Chegou-se à conclusão de que alguns fatores, como intensidade e eficiência energéticas, afetam o período de substituição, por isso é necessário conhecer tais fatores para que seja possível escolher responsavelmente as bombas e as técnicas para substituição que causem menor impacto ambiental (ZHOU et al, 2021).

Outra atividade relacionada à construção civil é o desmonte, que pode gerar diversos impactos, inclusive geração de resíduos. Por isso, um dos estudos propõe a introdução da Economia Circular (EC), readaptando e reutilizando construções, maximizando a utilidade e o valor dos ativos. O método de Planejamento de Desmontagem Sequencial de Edifícios (em inglês: *Sequential Disassembly Planning for Buildings*, ou SDPB) é usado para gerar planos de desmontagem otimizados para recuperar componentes alvo, com uma análise de otimização feita no final para gerar o conjunto de soluções que minimizem os impactos ambientais e os custos de construção. Os resultados mostram que existem diferentes planos de desmontagem completa para todas as combinações possíveis, sendo elas impulsionadas pelos métodos de desconstrução por componente, bem como pela interdependência na desmontagem. O método descrito pelos autores pode ser usado para melhorar os resultados do projeto de acordo com objetivos e restrições específicas, melhorando o processo de tomada de decisão para projetos de construção de reutilização adaptativa, adicionando análises quantitativas abrangentes para a gestão sustentável e conservação de recursos (SANCHEZ et al, 2020).

#### **4.2.3 Projetos de energia renovável**

Projetos além dos de construção civil geram impactos ambientais, tais como os projetos de energia renovável (em inglês: *renewable energy projects*, ou REPs). Eles são muito propensos a variações severas no projeto, desviando-se do planejamento inicial na maior parte dos casos, levando a ultrapassagem de tempo e custos, além de outros impactos dificultadores. Para compreender os impactos críticos das variações de projeto durante as atividades de construção dos REPs, foi elaborado um estudo, no qual os autores usaram modelagem de equações estruturais (em inglês: *structural equation modeling*, ou SEM). Verificou-se que os efeitos relacionados ao custo do projeto foram os resultados mais significativos nos REPs e a gravidade das consequências associadas foi superior a outras, tendo este fator muito potencial para causar tais variações nos projetos de energia renovável. Isso mostra que, em projetos, o fator econômico acaba sendo mais determinante do que outros, dando ênfase à necessidade de implementar soluções que causem menor impacto ambiental mais acessíveis (MAQBOOL, DENG e ASHFAQ, 2020).

Dentre os REPs estão os parques eólicos, e o planejamento espacial destes é de suma relevância, pois é importante maximizar o potencial do vento na área escolhida, e é necessário integrar a proteção ambiental no mesmo espaço e ao mesmo tempo, equilibrando todos os requisitos relevantes para alcançar a solução ideal ao determinar a localização das turbinas eólicas nas fases iniciais destes projetos. Um instrumento indispensável no processo de planejamento para buscar soluções sustentáveis é a Avaliação Ambiental Estratégica - AAE (ou, em inglês, *Strategic Environmental Assessment* - SEA). Assim, foi desenvolvido um estudo que apresenta o papel da AAE, suas vantagens e desvantagens, demonstrando a importância da aplicação dela no planejamento de parques eólicos integrando o princípio da prevenção, evitando problemas que podem ser desvantajosos tanto ambiental quanto economicamente nas fases posteriores do projeto, quando a AIA é normalmente utilizada (JOSIMOVIĆ, CVJETIĆ e FURUNDŽIĆ, 2021).

Dois dos autores do estudo anterior elaboraram um novo, desta vez focando no impacto do ruído de turbina eólica e sua inclusão na AAE, usando o caso do parque eólico Maestrle Ring, na Sérvia. Os resultados mostram que é possível alcançar o princípio da objetividade no processo de avaliação ao incluir no processo da AAE dados de uma avaliação de impacto parcial do ruído de parques eólicos, utilizando resultados obtidos a partir de modelagem de software da dispersão espacial do ruído de turbina eólica no pacote de software SoundPlan 8.1. Os resultados mostram também a significativa contribuição da aplicação da combinação de métodos de avaliação qualitativos e quantitativos na AAE, pois afetam positivamente a aplicação do princípio da proteção preventiva, na seleção do número e da posição das turbinas eólicas, e da objetividade, na obtenção de conclusões com base nas quais as decisões estratégicas são tomadas na fase final do processo de AAE (JOSIMOVIĆ, CVJETIĆ e MANIĆ, 2021).

Outro tipo de REP seria um projeto de parques de energia ondomotriz, que tem ganhado atenção. Na sua estratégia de expansão devem ser considerados aspectos técnicos, ambientais e socioeconômicos para identificar áreas adequadas para o desenvolvimento destes. Um grupo de pesquisadores desenvolveu um documento que traz uma nova abordagem para a identificação de locais adequados através de uma revisão de literatura de aspectos técnicos, ambientais e de conflitos espaciais que influenciam seu desenvolvimento, e de uma operacionalização em uma Rede Bayesiana, que permite analisar as relações de dependência entre variáveis, através da construção de um modelo que adota as Zonas Econômicas Exclusivas da Espanha e de Portugal como estudo de caso. Os resultados do modelo indicam que 6% da área estudada (total de 108.826 km<sup>2</sup>) é altamente adequada, e 16% dela é adequada para o desenvolvimento de projetos de energia ondomotriz (ou seja, baixos potenciais conflitos com outras atividades e baixo risco ecológico). Este tipo de abordagem apoia cientistas, gestores e a indústria, reduzindo incertezas durante o

planejamento através da identificação dos fatores mais relevantes na autorização destes REPs, integrando a AAE e a abordagem ecossistêmica ao planejamento espacial destes projetos (MALDONADO et al, 2022).

Mais um exemplo de REP são os projetos hidrelétricos, que vem crescendo e se popularizando cada vez mais, levantando questões ambientais associadas que não podem ser ignoradas, sendo importante pensar na sustentabilidade destes projetos para que a tecnologia cresça efetivamente. Foi selecionado um estudo que aborda a avaliação ambiental de projetos hidrelétricos, bem como fatores que afetam os impactos ambientais associados, que devem ser levados em conta na AIA. Muitos estudos anteriores focam nas emissões de GEE, mas é necessário dar ênfase a outros impactos ambientais (como acidificação e uso do solo, consumo de energia, etc.). O estudo também compara grandes e pequenas hidrelétricas considerando todos os fatores de avaliação de sustentabilidade. Os pequenos projetos são considerados uma boa alternativa para controlar os problemas associados aos grandes projetos, mas ainda assim uma quantidade significativa de estudos revelou que há problemas associados também às pequenas centrais que não podem ser negligenciados (NAUTIYAL e GOEL, 2020).

#### **4.2.4 Outros projetos**

O desenvolvimento sustentável precisa ser integrado em projetos, sendo importante alinhar as políticas das empresas com os ODS. Neste contexto, um artigo propõe a Análise Preliminar de Sustentabilidade do Empreendimento (*Preliminary Sustainability Analysis of the Enterprise*, ou PSAE em inglês), utilizando uma metodologia baseada em sucessivos estudos de caso aplicados a projetos reais de uma grande empresa petrolífera no Brasil. Esta ferramenta permite identificar ações para a sustentabilidade e avaliar seus impactos nos três pilares da sustentabilidade (econômico, ambiental e social), contribuindo para melhorar a avaliação dos índices de sustentabilidade e alinhando o projeto ao relatório de sustentabilidade da empresa. A PSAE complementa análises de projetos, providenciando ao empreendimento índices que estejam de acordo com os ODS. Ela apresentou no estudo boa usabilidade e compatibilidade com o ambiente do projeto, além de oferecer informações relevantes para orientar o processo de tomada de decisão dos gestores no rumo da política de sustentabilidade da empresa (PACHECO et al, 2022).

As atividades de mineração e projetos relacionados também causam impacto ambiental significativo, especialmente no caso estudado em um dos artigos analisados, o da região de mineração de bauxita da Península de Western Cape York, no norte da Austrália, de propriedade indígena. A melhor utilização dos recursos florestais antes da mineração e a reabilitação eficaz das minas podem mitigar alguns destes impactos, mas há orientação limitada sobre como os resultados

podem ser monitorados e avaliados para o encerramento e abandono de minas. O artigo analisa a reabilitação de minas na região citada, apresenta as expectativas dos povos indígenas locais para a gestão florestal e paisagística pré e pós-mineração e suas iniciativas relacionadas, e discute implicações para critérios de fechamento e abandono de minas. Este estudo pode informar tomadores de decisão, políticos, reguladores e profissionais da indústria mineradora sobre a concepção, implementação e monitoramento dos critérios de conclusão da mina e a gestão pré e pós-mineração que irá melhorar os resultados ambientais e os benefícios socioculturais para as comunidades indígenas afetadas por essa atividade (ANNANDALE, MEADOWS e ERSKINE, 2021).

As avaliações de impacto econômico e ambiental são cada vez mais adotadas na concepção e implementação de sistemas em desenvolvimento, mas sua natureza emergente leva a desafios de avaliação que precisam ser abordados para garantir a validade e a utilidade dos resultados. É necessário (i) variabilidade espacial e temporal que permita uma perspectiva ampla na fase inicial; (ii) lidar com incertezas para identificar os fatores críticos e como afetam os resultados; (iii) integrar resultados ambientais e econômicos para apoiar uma tomada de decisão sólida com base nestes dois aspectos. O último dos estudos selecionados apresenta uma abordagem que consiste em atender os três itens anteriores, aplicando-a a um estudo de caso sobre gaseificação a plasma na gestão de resíduos sólidos. Os resultados mostram que a abordagem permite a identificação das relações dinâmicas entre as configurações do projeto e as condições envolventes. A utilidade e a validade da abordagem proposta são discutidas em termos de como os principais desafios da avaliação são tratados e como ela pode fornecer orientação para o desenvolvimento de sistemas emergentes (SAUVE et al, 2023).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como visto no decorrer deste estudo, através de exemplos e estudos de caso trazidos, todo e qualquer projeto é passível de causar impactos, variando conforme sua finalidade, duração, localidade, etapas e atividades que o constituem, entre outras características dele. Cada projeto possui um grau de complexidade, sendo a própria preocupação ambiental um fator que institui complexidade, exigindo perspectivas, metodologias e técnicas adequadas a tal grau. Portanto, é extremamente relevante que se conheça bem o projeto e quais são seus impactos potenciais associados para que estes sejam evitados, gerenciados, reduzidos e monitorados.

A Resolução CONAMA nº 1 traz diretrizes para avaliar estes impactos ao meio ambiente e elaboração do RIMA, sendo instrumento para avaliar qualitativa e quantitativamente os impactos de um projeto e para atender aos requisitos legais pertinentes, a exemplo da PNMA. É necessário trazer foco ao monitoramento, já que ele permite acompanhar o *status* de impactos potenciais para que, caso mude, seja possível responder adequadamente a esta mudança com ações de gestão previamente elaboradas baseadas numa minuciosa avaliação de impactos feita nos estágios iniciais do projeto.

Além de permitir melhores tomadas de decisão e adoção de medidas para responder a impactos negativos, o estudo prévio deles pode mostrar oportunidades, como reutilização de recursos a partir da Economia Circular ou até produzir energia usando resíduos através de tecnologias *waste-to-energy*. A revisão de literatura trazida nos resultados traz o exemplo da geração de resíduos na fase de desmonte, usando o SDPB para maximizar o valor e a utilidade dos materiais oriundos desta atividade, otimizando a recuperação de recursos e facilitando a reutilização adaptativa.

A discussão sobre integrar a sustentabilidade em projetos evoluiu no decorrer do tempo, sendo num primeiro momento entendida como um fator gerador de custos e limitador, mas num segundo como uma oportunidade de lucros se aplicada proativamente, por exemplo reduzindo custos de multas por danos ambientais e com produção e disposição de resíduos. E, como a preocupação ambiental na sociedade vem crescendo, empresas que se preocupam com a sustentabilidade desfrutam de vantagem competitiva no mercado acima das que não se preocupam, sendo mais atraentes ao público. Organizações estão sujeitas a perder clientes e investimentos, a penalidades e, em casos extremos, até à exclusão do mercado, dependendo dos impactos causados por suas atividades, por isso a crescente relevância de se integrar a sustentabilidade em empreendimentos e projetos.

Este estudo procurou comprovar os benefícios de se aplicar o estudo de impacto a gestão ambiental a projetos a partir de uma revisão bibliográfica usando a metodologia PRISMA, que

trouxe publicações que analisam projetos de diversas áreas sob uma perspectiva ambiental. Tal metodologia facilitou a obtenção de estudos para a revisão, refinando a seleção e resultando em um número plausível de publicações pertinentes ao tema e às perguntas de pesquisa, o que não poderia ter sido alcançado tão objetivamente caso não fosse aplicada.

As publicações selecionadas através da metodologia PRISMA são recentes e em sua grande maioria pioneiras em seus campos, abordando temas não amplamente discutidos e propondo técnicas inovadoras para favorecer a gestão sustentável de projetos considerando os aspectos em sua totalidade ao longo de todo o ciclo de vida. As perguntas de pesquisa propostas neste trabalho foram: i) quais aspectos ambientais são considerados na gestão de projetos?; e ii) qual o impacto/efeito de considerá-los?

Respondendo à primeira, de maneira geral, em projetos os aspectos ambientais considerados são associados aos fatores econômico e social, configurando os pilares da sustentabilidade, além de incluírem outros. Mas os específicos variam de acordo com o escopo do projeto, o que denota a necessidade de caracterizá-lo adequadamente para entender a fundo os aspectos a serem considerados e como devem ser abordados na gestão. Os que foram apresentados com maior frequência ao longo da revisão foram: emissão de GEE, uso de recursos naturais e não-naturais, poluição sonora, do ar, da água e do solo, e geração de resíduos sólidos.

Em relação à segunda pergunta, considerar o aspecto ambiental na gestão de projetos é extremamente significativo para o desenvolvimento sustentável e benéfico para as organizações, e sua relevância tende a crescer. Isso se mostra analisando casos de integração e não integração da sustentabilidade em projetos, a situação do campo e sua evolução, a exigência por sustentabilidade e os efeitos de se estudar e tratar adequadamente os impactos em cada fase, aspectos trazidos neste estudo. Por isso é necessário entender os principais fatores a se considerar, e estudar possíveis métodos e tecnologias que auxiliem na tarefa de aplicar uma gestão ambiental adequada às características de cada projeto.

O aspecto tecnológico deve ser levado em conta como um novo fator a ser considerado na avaliação de sustentabilidade de um projeto pois, além de trazer vantagem competitiva no mercado, seu avanço tem possibilitado avaliar impactos de projetos de maneira mais eficaz, exigindo participação de equipe multidisciplinar para integrar estes aspectos com êxito.

Existem fatores que incentivam a sustentabilidade em projetos, sendo em sua maioria os culturais, organizacionais e o envolvimento de partes interessadas, o que demonstra a importância de integrar práticas sustentáveis guiadas pelo princípio ESG. Além disso, há publicações que contemplam os aspectos ambientais mais significativos em diferentes projetos que podem servir de

guia para que futuros estudos de impacto ambiental potencial sejam realizados antes da implementação, possibilitando integrar uma gestão ambiental adequada e eficiente.

É preciso ressaltar a discrepância existente entre países desenvolvidos e em desenvolvimento no que tange a gestão ambiental de projetos. Grande parte dos estudos feitos neste campo se deram em países desenvolvidos, tornando-os apenas parcialmente aplicáveis a casos de países em desenvolvimento, que estão defasados neste tema. Isto destaca a relevância de se incentivar e realizar estudos neste âmbito em dimensões globais, cooperando para que o desenvolvimento sustentável alcance e envolva todos os países.

Até mesmo a escolha de materiais para a realização de projetos é passível de aumentar ou reduzir a pegada ecológica de um projeto, o que denota sua relevância e a magnitude de seus efeitos, dando base para tomadores de decisão em projetos fazerem escolhas bem informadas e sustentáveis, analisando todo o ciclo de vida destes materiais e do projeto como um todo. No campo específico de projetos de construção civil não é diferente, já que alguns estudos trazidos provaram que as variáveis de projeto associadas à escolha de materiais são as que têm maior potencial de afetar os impactos ambientais de uma construção.

O cronograma de atividades pode sofrer mudanças ao longo do projeto, o que afeta sua sustentabilidade, tornando necessário conhecer todos os fatores que podem impactar sua definição para assim elaborar uma sequência de atividades possível e eficiente em termos de tempo, custo e outros recursos, com impacto ambiental reduzido, além de preparar um plano de resposta às possíveis mudanças para que estas não prejudiquem o projeto e sua sustentabilidade. Também há base teórica que comprove a eficácia do uso de métodos que facilitem a melhor tomada de decisão, considerando menor tempo, custo e impacto ambiental.

Comprovou-se também a eficácia de aplicar uma gestão adequada ao projeto na redução de impactos ambientais e no aumento da eficiência de indicadores ambientais. Um dos estudos trazidos mostrou que os padrões de construção em canteiros trouxeram impactos negativos, mas os sistemas de gestão aplicados aumentaram a eficiência dos aspectos ambientais e, portanto, a eficiência geral dos canteiros, resultando em alta eficiência média. Também foi explicitada a significância de implementar gestão de riscos em todo o ciclo de vida de um projeto, considerando problemas ambientais potenciais, sendo fornecida base para guiar o mapeamento de riscos associados.

Além da construção civil, os REPs também são passíveis de causar impacto ambiental, sendo necessário conhecer bem seus aspectos e caracterizá-los corretamente. Estão sujeitos a significativas flutuações nos custos envolvidos, sendo associados a consequências mais graves. O aspecto econômico continua sendo um dos mais relevantes nas escolhas feitas ao longo dos projetos, especialmente no caso dos REPs. Isso mostra que os custos e suas variações podem

dificultar a gestão sustentável de projetos, explicitando a necessidade de serem investigadas alternativas mais acessíveis e igualmente eficazes para favorecer a sustentabilidade neste campo.

Outros fatores devem ser considerados, como técnicos, ambientais e sociais, e são listados agentes relevantes que podem causar maiores efeitos nestes projetos. Também é necessário integrar o desenvolvimento sustentável em projetos como um todo, elaborando estratégias que estejam alinhadas com os ODS e avaliando a sustentabilidade de projetos.

Em suma, tem-se algumas ferramentas e técnicas trazidas nesta revisão e sua aplicabilidade: nas fases iniciais, integrar dados de ACV ao BIM para a escolha de material sustentável; quantificar potenciais impactos através da matriz de Leopold; aplicar o método CoCoSo e/ou a Rede Bayesiana para decidir as melhores estratégias; integrar os potenciais impactos ambientais à gestão de riscos; calcular o RESI para avaliar a sustentabilidade de construções; e executar a AAE e/ou a PSAE preliminarmente.

Nas fases de operação, aplicar a DEA para calcular a eficiência do projeto; o modelo Tobit para analisar o efeito de medidas sustentáveis de gestão; o SEM para investigar o efeito de variações durante o projeto; e mapear impactos sonoros através do SoundPlan.

Nas fases pós-construção, focadas no monitoramento, usar a SBTool para avaliar a sustentabilidade da edificação; e elaborar um SDPB adequado para minimizar a geração de resíduos no desmonte.

A síntese dos resultados apresentada neste documento mostra que já existe base teórica para guiar diferentes projetos, trazendo estudos de caso e discutindo características que os afetam. Porém, reforça que há áreas que exigem maior profundidade e mais pesquisas para abordar variabilidades e incertezas pouco estudadas. Além disso, o campo de pesquisa em projetos é muito amplo e permite novas análises que devem ser feitas para incrementá-lo. Assim, possibilita-se a proposta de soluções cada vez mais inovadoras, eficazes, acessíveis e práticas para contribuir com o desenvolvimento sustentável no campo da gestão de projetos de engenharia.

## REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, S. N. et al. **Determination of Critical Environmental, Social, Infrastructure, and Economic Indicators as Evaluation Checklist for Pre-Project Abandonment Plan Assessment in-line with Sustainable Development Goal Plan.** In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2022. p. 012044.
- ALBERTINI, Felipe et al. **Assessment of environmental performance in building construction sites: Data envelopment analysis and Tobit model approach.** Journal of Building Engineering, v. 44, p. 102994, 2021.
- ANNANDALE, Mark; MEADOWS, John; ERSKINE, Peter. **Indigenous forest livelihoods and bauxite mining: A case-study from northern Australia.** Journal of Environmental Management, v. 294, p. 113014, 2021.
- ARAÚJO, Adolpho Guido de; CARNEIRO, Arnaldo Manoel Pereira; PALHA, Rachel Perez. **Predictive methodology for the quantification of environmental aspects in urban infrastructures.** Sustainability, v. 12, n. 18, p. 7636, 2020.
- BANIHASHEMI, Sayyid Ali et al. **Investigating the environmental impacts of construction projects in time-cost trade-off project scheduling problems with CoCoSo multi-criteria decision-making method.** Sustainability, v. 13, n. 19, p. 10922, 2021.
- BIZON-GORECKA, Jadwiga; GORECKI, Jaroslaw. **Risk Management in Construction Project: Taking Sustainability into Account.** In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2019. p. 112069.
- CHAN, Melissa; JIN, Hongyu; VAN KAN, David. **Assessment of driving factors for sustainable infrastructure development.** Resources, Conservation and Recycling, v. 185, p. 106490, 2022.
- CODAS, Manuel M. Benitez. **Gerência de projetos: uma reflexão histórica.** Revista de Administração de Empresas, v. 27, p. 33-37, 1987.
- DASOVIĆ, Borna; KLANŠEK, Uroš. **A review of energy-efficient and sustainable construction scheduling supported with optimization tools.** Energies, v. 15, n. 7, p. 2330, 2022.
- DELL'ANNA, Federico et al. **Supporting sustainability projects at neighbourhood scale: Green visions for the San Salvario district in Turin guided by a combined assessment framework.** Journal of Cleaner Production, v. 384, p. 135460, 2023.
- DOBROVOLSKIENĖ, Nomeda; POZNIAK, Anastasija; TVARONAVIČIENĖ, Manuela. **Assessment of the sustainability of a real estate project using multi-criteria decision making.** Sustainability, v. 13, n. 8, p. 4352, 2021.
- ERSHADI, Mahmoud; GOODARZI, Fatemeh. **Core capabilities for achieving sustainable construction project management.** Sustainable Production and Consumption, v. 28, p. 1396-1410, 2021.
- FAÚNDEZ, Manuel et al. **Sustainability of water transfer projects: A systematic review.** Science of The Total Environment, v. 860, p. 160500, 2023.

- FIGUEIREDO, Karoline et al. **Sustainable material choice for construction projects: A Life Cycle Sustainability Assessment framework based on BIM and Fuzzy-AHP**. *Building and Environment*, v. 196, p. 107805, 2021.
- GIBBIN, Randal Victor et al. **Thematic evolution and trends linking sustainability and project management: Scientific mapping using SciMAT**. *Journal of Cleaner Production*, p. 137753, 2023.
- GÓRECKI, Jarosław; DIAZ-MADRONERO, Manuel. **Who risks and wins?—Simulated cost variance in sustainable construction projects**. *Sustainability*, v. 12, n. 8, p. 3370, 2020.
- GU, Hao et al. **Analysis of social and environmental impact of earth-rock dam breaks based on a fuzzy comprehensive evaluation method**. *Sustainability*, v. 12, n. 15, p. 6239, 2020.
- GUIFEN, Lyu; YU-CHE, Huang; BEI, Shang. **A study on environmental impact assessment of prefabricated building construction**. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2019. p. 022013.
- HYMAN, Jayden et al. **Visioning a framework for effective environmental management of deep-sea polymetallic nodule mining: Drivers, barriers, and enablers**. *Journal of Cleaner Production*, v. 337, p. 130487, 2022.
- JABBOUR, Charbel José Chiappetta; SANTOS, Fernando César Almada. **Evolução da gestão ambiental na empresa: uma taxonomia integrada à gestão da produção e de recursos humanos**. *Gestão & Produção*, v. 13, p. 435-448, 2006.
- JOSA, I. et al. **Multi-criteria decision-making model to assess the sustainability of girders and trusses: Case study for roofs of sports halls**. *Journal of cleaner production*, v. 249, p. 119312, 2020.
- JOSIMOVIĆ, Boško D.; CVJETIĆ, Aleksandar; MANIĆ, Božidar. **Strategic environmental assessment in the application of preventive protection for wind farm noise—case study: Maestrale ring wind farm**. *Energies*, v. 14, n. 19, p. 6174, 2021.
- JOSIMOVIĆ, Boško; CVJETIĆ, Aleksandar; FURUNDŽIĆ, Danilo. **Strategic Environmental Assessment and the precautionary principle in the spatial planning of wind farms—European experience in Serbia**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 136, p. 110459, 2021.
- KABIRIFAR, Kamyar et al. **Effective construction and demolition waste management assessment through waste management hierarchy; a case of Australian large construction companies**. *Journal of Cleaner Production*, v. 312, p. 127790, 2021.
- KATILA, Pia et al. (Ed.). **Sustainable development goals**. Cambridge University Press, 2019.
- KOPPA, Etheldreder Trecia; MUSONDA, Innocent; ZULU, Sambo Lyson. **A Systematic Literature Review on Local Sustainability Assessment Processes for Infrastructure Development Projects in Africa**. *Sustainability*, v. 15, n. 2, p. 1013, 2023.
- KOTHARI, Richa; TYAGI, Vinnet Veer; PATHAK, Ashish. **Waste-to-energy: A way from renewable energy sources to sustainable development**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, n. 9, p. 3164-3170, 2010.

- LI, Ting-Ting et al. **ESG: Research progress and future prospects**. Sustainability, v. 13, n. 21, p. 11663, 2021.
- LUCIO, Marcio Aparecido; DE CARVALHO, Luciano Castro. **GESTÃO AMBIENTAL PROATIVA: Um desafio para as Indústrias Cerâmicas: GESTIÓN AMBIENTAL PROACTIVA: UN RETO PARA LA INDUSTRIA CERÁMICA**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 11, n. 3, p. 255-274, 2022.
- LUKOSEVICIUS, Alessandro Prudêncio; SOARES, Carlos Alberto Pereira; JOIA, Luiz Antônio. **Caracterização da complexidade em projetos de engenharia**. Gestão & Produção, v. 25, p. 331-342, 2017.
- MALDONADO, Ana D. et al. **A Bayesian Network model to identify suitable areas for offshore wave energy farms, in the framework of ecosystem approach to marine spatial planning**. Science of The Total Environment, v. 838, p. 156037, 2022.
- MANZATTO, C. V. et al. **Monitoramento ambiental da Aquicultura em águas da União: subsídios para a proposição de um plano nacional**. 2019.
- MAQBOOL, Rashid; DENG, Xiaomei; ASHFAQ, Saleha. **A risky output of variation orders in renewable energy projects: identification, assessment and validation**. Science of the Total Environment, v. 743, p. 140811, 2020.
- MARRERO, Madelyn et al. **BIM-LCA integration for the environmental impact assessment of the urbanization process**. Sustainability, v. 12, n. 10, p. 4196, 2020.
- MORAES, Emerson Augusto Priamo. **Guia Pmbok para gerenciamento de projetos**. In: Anais do Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2012.
- MUTHUSAMY, Kanesan; ADNAN, Roslinda Che. **The Relationship between National Culture and Organizational Culture in Determining the Project Success Factors in the Perception of Project Professionals in Malaysia**. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2020. p. 012093.
- NAUTIYAL, Himanshu; GOEL, Varun. **Sustainability assessment of hydropower projects**. Journal of Cleaner Production, v. 265, p. 121661, 2020.
- PACHECO, José Marcos Leite et al. **A new sustainability analysis technique for the design of oil production facilities**. Cleaner Engineering and Technology, v. 6, p. 100370, 2022.
- PAGE, Matthew J. et al. **The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews**. International journal of surgery, v. 88, p. 105906, 2021.
- PURCHASE, Callun Keith et al. **Circular economy of construction and demolition waste: A literature review on lessons, challenges, and benefits**. Materials, v. 15, n. 1, p. 76, 2021.
- RADELYUK, Ivan et al. **Oil refinery and water pollution in the context of sustainable development: Developing and developed countries**. Journal of Cleaner Production, v. 302, p. 126987, 2021.

RIBEIRO, Bianca Alves Lima et al. **Impactos ambientais da mineração no Estado do Pará, Brasil**. Anais do Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade, Três Rios, RJ, Brasil, v. 8, 2019.

ROMANINI, Pedro Umberto; SHIMIZU, Gisela Yuka. **Rodovias e meio ambiente: principais impactos ambientais, incorporação da variável ambiental em projetos rodoviários e sistema de gestão ambiental**. 2000.

SANCHEZ, Benjamin et al. **A selective disassembly multi-objective optimization approach for adaptive reuse of building components**. Resources, conservation and recycling, v. 154, p. 104605, 2020.

SARAIVA, Tatiana Santos et al. **Verification of the adequacy of the Portuguese sustainability assessment tool of high school buildings, SAHSBPT, to the Francisco de Holanda high school, Guimarães**. Sustainability, v. 11, n. 17, p. 4559, 2019.

SAUVE, Giovanna et al. **Integrated early-stage environmental and economic assessment of emerging technologies and its applicability to the case of plasma gasification**. Journal of Cleaner Production, v. 382, p. 134684, 2023.

SILVA, Pedro J. da et al. **O mecanismo de desenvolvimento limpo e os projetos de engenharia civil**. 2008.

SILVEIRA, Nayara de Freitas Nogueira; DE SOUZA, Bruna D.'Angela. **AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM PROJETOS DE ENGENHARIA PARA OBRAS SUSTENTÁVEIS**.

SONG, Yinan et al. **Nature based solutions for contaminated land remediation and brownfield redevelopment in cities: A review**. Science of the Total Environment, v. 663, p. 568-579, 2019.

SUPRAYOGA, Gede B.; WITTE, Patrick; SPIT, Tejo. **The sectoral lens and beyond: Exploring the multidimensional perspectives of sustainable road infrastructure development**. Research in Transportation Business & Management, v. 37, p. 100562, 2020.

TEIXEIRA, Marcela Mantovani. **Análise da sustentabilidade no mercado imobiliário residencial brasileiro**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TRINDADE, Larissa de Lima; HEMING, Gabriela da Costa; DEIMLING, Moacir Francisco. **Análise das práticas ambientais de indústrias moveleiras**. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 15, n. 1, p. 221-236, 2022.

VECHI, Nivea Regina Gallo; GALLARDO, Amarilis Lucia Casteli Figueiredo; TEIXEIRA, Cláudia Echevengua. **Aspectos ambientais do setor da construção civil: uma contribuição para a adoção de sistema de gestão ambiental pelas pequenas e médias empresas de prestação de serviços**. Sistemas & Gestão, v. 11, n. 1, p. 17-30, 2016.

WANG, Fusong et al. **Comparative assessments for environmental impacts from three advanced asphalt pavement construction cases**. Journal of Cleaner Production, v. 297, p. 126659, 2021.

WU, Min et al. **Big data-driven urban management: potential for urban sustainability**. Land, v. 11, n. 5, p. 680, 2022.

ZHOU, Yang et al. **Environmental evaluation of pump replacement period in water supply systems of buildings**. Journal of Building Engineering, v. 40, p. 102750, 2021.

ZHOU, Yijun et al. **Design variables affecting the environmental impacts of buildings: A critical review**. Journal of Cleaner Production, p. 135921, 2023.