



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

RÚBIA CRISTINA DE SOUZA PESSONI

**Modelo Multicritério de Decisão para monitoramento e seleção de
diretrizes para redução das perdas por *making-do***

APARECIDA DE GOIÂNIA - GO
2025

27/08/2025, 14:45

Sistema Eletrônico de Informações - Documento para Assinatura

Processo: 23070.045298/2024-34
Documento: 5574470



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES
E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Rúbia Cristina de Souza Pessoni,

3. Título do trabalho

MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO PARA MONITORAMENTO E SELEÇÃO DE DIRETRIZES PARA REDUÇÃO DAS PERDAS POR MAKING-DO

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.
O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Tatiana Gondim Do Amaral, Professor do Magistério Superior**, em 14/08/2025, às 15:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rúbia Cristina De Souza Pessoni, Discente**, em 19/08/2025, às 12:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5574470** e o código CRC **3C89C9E4**.

Referência: Processo nº 23070.045298/2024-34

SEI nº 5574470

RÚBIA CRISTINA DE SOUZA PESSONI

Modelo Multicritério de Decisão para monitoramento e seleção de diretrizes para redução das perdas por *making-do*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Ciências e Tecnologias, da Universidade Federal de Goiás (UFG), como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção

Linha de pesquisa: Gerenciamento de Sistemas Produtivos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tatiana Gondim do Amaral

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Nadya Regina Galo

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Pessoni, Rúbia Cristina de Souza
Modelo Multicritério de Decisão para monitoramento e seleção de diretrizes para redução das perdas por making-do [manuscrito] / Rúbia Cristina de Souza Pessoni. - 2025.
LXXVI, 76 f.

Orientador: Profa. Dra. Tatiana Gondim do Amaral; co-orientadora Dra. Nadya Regina Galo.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Aparecida de Goiânia, 2025.

Apêndice.
Inclui siglas, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Making-do. 2. Perdas. 3. Lean Construction. 4. Retrabalho. 5. Planejamento. I. do Amaral, Tatiana Gondim, orient. II. Título.

CDU 658.5



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 43 da sessão de Defesa de Dissertação de **Rúbia Cristina de Souza Personi**, que confere o título de Mestre em engenharia de produção do **Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção**, na área de concentração em Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

Ao/s **vinte dias do mês de setembro de dois mil e vinte e quatro**, a partir das **16h00min**, de forma virtual através da plataforma Google Meet na sala <https://meet.google.com/uuu-jget-uzf>, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “**MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO PARA MONITORAMENTO E SELEÇÃO DE DIRETRIZES PARA REDUÇÃO DAS PERDAS POR MAKING-DO**”. Os trabalhos foram instalados pela Orientadora, Professora Doutora **Tatiana Gondim do Amaral (PPGEP/UFG)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professora Doutora **Aline Valverde Arroteia**, membro titular externo, cuja participação ocorreu através de videoconferência, Professora Doutora **Cynara Mendonça Moreira Tinoco (PPGEP/UFG)**, membro titular interno, cuja participação ocorreu através de videoconferência, e a Professora Doutora **Nadya Regina Galo (PPGEP/UFG)**, coorientadora, cuja participação ocorreu através de videoconferência. Durante a arguição os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pela Professora Doutora **Tatiana Gondim do Amaral**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos **vinte dias do mês de setembro de dois mil e vinte e quatro**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Nadya Regina Galo, Usuário Externo**, em 29/08/2025, às 17:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Tatiana Gondim Do Amaral, Professor do Magistério Superior**, em 01/09/2025, às 08:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cynara Mendonca Moreira Tinoco, Professora do Magistério Superior**, em 01/09/2025, às 12:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **ALINE VALVERDE ARROTEIA, Usuário Externo**, em 02/09/2025, às 13:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5615434** e o código CRC **3D170C87**.

Referência: Processo nº 23070.045298/2024-34

SEI nº 5615434

RESUMO

A indústria da construção civil continua a enfrentar desafios como atrasos, custos elevados e não previstos e geração de resíduos significativos, que impactam negativamente o meio ambiente e o consumo de recursos. Com a mudança no comportamento dos consumidores e o fim do auge do setor até 2010, tornou-se essencial aprimorar processos, planejamento e controle de produção para garantir competitividade e rentabilidade. Estudos recentes destacam que as perdas por making-do são uma das principais causas de ineficiências, resultando em desperdícios significativos de materiais, mão de obra e equipamentos. Aprofundar os estudos em relação a essas perdas é crucial para aumentar os controles, melhorar o desempenho e reduzir os impactos gerados por elas. Portanto, este trabalho tem como objetivo atender aos requisitos do produto final, necessário para a aprovação no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGEF da UFG (PPGEF, FCT UFG, 2024), e foi estruturado no formato de uma coletânea de artigos. O primeiro artigo buscou por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura explorar pesquisas sobre a categoria de perda apresentada por Koskela (2004) e possíveis abordagens de modelagem de dados visando propor diretrizes que minimizem as perdas por making-do em canteiros de obra. O segundo artigo teve como objetivo propor uma metodologia a partir do estabelecimento de diretrizes para reduzir a ocorrência das perdas por improvisação por meio da prevenção de suas causas. Para tal, foi realizado o tratamento de um banco de dados que continha um levantamento de perdas por making-do em canteiros de obras de edifícios residenciais do qual foram obtidas 420 perdas, e elaboradas 47 diretrizes distintas que se aplicavam a diferentes etapas de obra. O terceiro e último artigo abrange a apresentação de modelo de tomada de decisão multicritério, utilizando os métodos Fuzzy-Delphi e TOPSIS, para auxiliar gestores na seleção das diretrizes mais eficazes para a redução dos impactos causados pelas perdas por making-do em canteiros de obras. Ele aborda a problemática das perdas por making-do na construção civil e propõe um modelo de decisão multicritério para reduzir esses impactos. Como resultado da conclusão dos três artigos, apresentou-se que a combinação dos métodos Fuzzy-Delphi e TOPSIS foram eficazes para abordar um problema de tomada de decisão quanto ao potencial que as diretrizes propostas têm para reduzir os impactos gerados pelas perdas por making-do, proporcionando um ranqueamento objetivo das diretrizes e uma precisão para auxiliar o gestor na identificação das opções com maior potencial de desempenho. Palavras-chave: *Making-do*. Perdas. *Lean Construction*. Retrabalho. Planejamento.

ABSTRACT

The construction industry continues to face challenges such as delays, unforeseen and elevated costs, and significant waste generation, which negatively impact the environment and resource consumption. With the shift in consumer behavior and the end of the sector's peak until 2010, it has become essential to improve processes, planning, and production control to ensure competitiveness and profitability. Recent studies highlight that making-do wastes are one of the main causes of inefficiencies, resulting in significant waste of materials, labor, and equipment. Deepening studies related to these wastes is crucial to increasing controls, improving performance, and reducing the impacts generated by them. Therefore, this work aims to meet the requirements of the final product, necessary for approval in the Graduate Program in Production Engineering – PPGEP at UFG (PPGEP, FCT UFG, 2024), and is structured in the format of a collection of articles. The first article aimed, through a Systematic Literature Review, to explore research on the waste category presented by Koskela (2004) and possible data modeling approaches to propose guidelines that minimize making-do wastes at construction sites. The second article aimed to propose a methodology based on the establishment of guidelines to reduce the occurrence of making-do wastes through the prevention of their causes. For this, a database containing a survey of making-do wastes at residential building construction sites was processed, from which 420 wastes were obtained, and 47 different guidelines were elaborated that applied to different stages of construction. The third and final article presents a multi-criteria decision-making model, using Fuzzy-Delphi and TOPSIS methods, to assist managers in selecting the most effective guidelines to reduce the impacts caused by making-do wastes at construction sites. It addresses the issue of making-do wastes in the construction industry and proposes a multi-criteria decision model to reduce these impacts. As a result of the conclusion of the three articles, it was demonstrated that the combination of the Fuzzy-Delphi and TOPSIS methods was effective in addressing a decision-making problem regarding the potential of the proposed guidelines to reduce the impacts generated by making-do wastes, providing an objective ranking of the guidelines and accuracy to assist the manager in identifying the options with the highest performance potential.

Keywords: Making-do. Wastes. Lean Construction. Rework. Planning.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1:	12
INTRODUÇÃO	12
1. CONTEXTUALIZAÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
3. METODOLOGIA DA PESQUISA	16
4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	17
5. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	17
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
CAPÍTULO 2:	20
REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE PERDAS POR <i>MAKING-DO</i>	20
1. INTRODUÇÃO	21
2. MÉTODO DE PESQUISA	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
4. CONCLUSÃO	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
CAPÍTULO 3:	31
PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA PARA EVITAR A OCORRÊNCIA DE PERDAS POR <i>MAKING-DO</i> NA CONSTRUÇÃO CIVIL	31
1. INTRODUÇÃO	32
2. REFERENCIAL TEÓRICO	33
3. MÉTODO	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
5. CONCLUSÕES	43
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
APÊNDICE	47
Apêndice 1 – Tabela com exemplos de diretrizes elaboradas para cada etapa de obra.	47
CAPÍTULO 4	51
MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO PARA MONITORAMENTO E SELEÇÃO DE DIRETRIZES PARA REDUÇÃO DAS PERDAS POR <i>MAKING-DO</i>	51
1. INTRODUÇÃO	52
2. REFERENCIAL TEÓRICO	56
3. OBJETIVO	57
4. MÉTODO	57
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
6. CONCLUSÕES	71
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
CAPÍTULO 5	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
1. CONCLUSÕES GERAIS	76

LISTA DE FIGURAS, TABELAS E QUADROS

CAPÍTULO 1:	12
INTRODUÇÃO	12
Quadro 1 – Parâmetros para a classificação de perdas por <i>making-do</i> .	14
Figura 1 – Atendimento aos objetivos da pesquisa frente a estrutura da coletânea de artigos.	17
CAPÍTULO 2:	20
REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE PERDAS POR <i>MAKING-DO</i>	20
Figura 1 – Método do Mapeamento Sistemático da Literatura.	23
Figura 2 – Seleção dos artigos por base antes e após aplicação do protocolo.	25
Figura 3 – Classificação em quantidade de publicações por ano.	26
Figura 4 – Classificação de publicações por instituição.	26
Figura 5 – Nuvem de palavras chave mais recorrentes nos títulos e resumos.	27
Quadro 1 – Classificação das lacunas do conhecimento e seus critérios de seleção.	28
CAPÍTULO 3:	31
PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA PARA EVITAR A OCORRÊNCIA DE PERDAS POR <i>MAKING-DO</i> NA CONSTRUÇÃO CIVIL	31
Quadro 1 - Classificação de perdas por <i>making-do</i> : Pré-requisitos e categorias e impacto.	35
Quadro 2 – Definições de pré-requisitos e categorias para a classificação das perdas por <i>making-do</i> .	36
Figura 1 – Etapas de execução da pesquisa	37
Quadro 3 – Caracterização das empresas	39
Quadro 4 – Caracterização das obras	40
Figura 2 – Perdas por <i>making-do</i> analisadas por etapa da atividade	41
Figura 3 – Ocorrência dos Pré-requisitos ausentes das perdas por <i>making-do</i> .	42
Quadro 6 – Diretrizes com maior número de ocorrência nas perdas analisadas	42
Figura 4 – Workflow da proposição de metodologia para aplicação das diretrizes elaboradas no presente trabalho	43
CAPÍTULO 4	51
MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO PARA MONITORAMENTO E SELEÇÃO DE DIRETRIZES PARA REDUÇÃO DAS PERDAS POR <i>MAKING-DO</i>	51
Quadro 1 – Parâmetros para a classificação de perdas por <i>making-do</i> .	53
Tabela 1 – Diretrizes com maior número de ocorrências nos diferentes tipos de perdas analisadas.	55
Figura 1 – Fluxograma dos passos no processo de tomada de decisão .	58
Tabela 2 – Caracterização dos tomadores de decisão.	59
Figura 2 - Escala linguística da importância dos critérios de caracterização dos TD59	
Quadro 2 – Matriz de avaliação	60
Figura 3 – Fluxograma das etapas do método multicritério.	61

Tabela 3 – Avaliação para o potencial de redução das diretrizes em relação aos impactos	
Figura 4 – Escala linguística da importância dos critérios de classificação.	62
Quadro 3 – Relação de peso dos critérios.	64
Tabela 4 – Escala de pesos dos critérios.	64
Tabela 5 – Quantidade de especialistas de acordo com a classificação.	65
Quadro 4 – Exemplo de matriz de avaliação com respostas extraídas de um especialista.	66
Tabela 6 – Matriz de decisão resultante após aplicação do método <i>Fuzzy-Delphi</i> .	
Figura 5 – Recorrência dos impactos após classificação dentro do banco de dados .	67
Tabela 7 – Relação de peso dos critérios	68
Tabela 8 – Cálculo das máximas soluções (S+ e S-)	69
Tabela 9 – Cálculo das Distâncias Euclidianas	70
Tabela 10 – Cálculo das proximidades relativas	71

CAPÍTULO 1
INTRODUÇÃO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

No cenário atual da construção civil, a busca por competitividade no mercado impõe desafios, destacando-se o controle eficiente da mão de obra como uma prioridade para as construtoras. A gestão da produção na construção civil é dificultada por algumas particularidades do setor, tais como produto de caráter único, organização temporária para a produção, grande diversidade de insumos e de fornecedores, e uso intensivo de mão de obra (FAZINGA; SAFFARO, 2012, p. 29).

Tornar o setor da construção civil mais competitivo é um objetivo compartilhado pelas comunidades acadêmicas e técnicas, implicando a necessidade de aumentar controles e desempenhos, reduzir perdas e minimizar impactos ambientais. Nesse contexto, a constante mudança econômica e a crescente competição demandam decisões embasadas em indicadores de desempenho, como produtividade, sequenciamento, qualidade e consumo.

A filosofia da Construção Enxuta propõe a redução de desperdícios e improvisações na produção em busca de um produto de maior qualidade e menor custo (Santos; Santos, 2017). Ohno (1988) ampliou ainda mais este trabalho ao identificar e categorizar os tipos de desperdícios na produção, divididos nas seguintes categorias: de superprodução, de tempo disponível (espera), no transporte, do próprio processamento, de estoques disponíveis, de movimentação e de fabricação de produtos defeituosos. A Construção Enxuta propõe a redução de perdas e improvisos na produção em busca de um produto de maior qualidade e menor custo (SANTOS; SANTOS, 2017).

Com base nessa definição, Koskela (2004) sugeriu a existência de uma oitava perda, característica da construção, denominada *making-do*, que decorre de situações em que uma determinada atividade é iniciada ou dá prosseguimento sem que todos os recursos necessários para a sua execução estejam disponíveis (FORMOSO *et al.*, 2017).

O termo *making-do*, é definido como ato de iniciar uma tarefa sem garantir que todas as entradas necessárias (materiais, ferramentas, máquinas, pessoas, condições externas e informações) estejam acessíveis ou quando a mesma continua em execução apesar de faltar uma das entradas, fazendo com que ocorram improvisações na execução do serviço (KOSKELA, 2004). Para Sommer (2010), *making-do* se resume a improvisação, no sentido de que uma tarefa é iniciada com o que se tem disponível no momento.

Os estudos de Koskela (2000), Sommer (2010) e Fireman (2012) identificaram parâmetros de classificação para o estudo das perdas por *making-do*: os pré-requisitos, as categorias e os impactos das perdas. Koskela (2000) definiu pré-condições necessárias para o início e o desenvolvimento de uma tarefa, no qual a falha na identificação prévia ou na disponibilização de algum destes pré-requisitos causam as perdas por improvisação. As categorias são um conjunto de situações a que a perda diretamente se refere, e são resultado da identificação de Sommer (2010) e Fireman (2012). Quanto aos impactos, foram identificados inicialmente por Koskela (2004), seguido por Sommer (2010) e por Fireman (2012), somando-se sete impactos ao todo. O Quadro 1 apresenta os pré-requisitos, categorias e impactos mencionados.

Quadro 1 – Parâmetros para a classificação de perdas por *making-do*.

Pré-requisitos	Categorias	Impactos
Informação	Acesso/ mobilidade	Retrabalho
Materiais e componentes	Ajustes de componentes	Redução da qualidade
Mão de obra	Área de trabalho	Diminuição da produtividade
Equipamentos/ Ferramentas	Armazenamento	Perda de material
Espaço	Equipamentos/ Ferramentas	Falta de terminalidade
Serviços interdependentes	Instalações provisórias	Redução da segurança
Condições externas	Proteção/ Segurança	Desmotivação
Instalações (infraestrutura do espaço do trabalho)	Sequenciamento	

Fonte: Adaptado de Koskela (2004), Sommer (2010), Fireman (2012).

Trabalhos anteriores desenvolvidos por Braga (2018) e Maciel (2020) aprofundaram as pesquisas em estudos sobre a identificação e análise de perdas por *making-do*. Amaral *et al.* (2019, 2021, 2022, 2023, 2024) realizaram estudos sobre perdas por *making-do* conjuntamente com um grupo de pesquisa composto por estudantes e especialistas da área de gestão e, em seu trabalho publicado em 2022, intitulado “*Relations Between Preconditions, Categories and Impacts of making-do Wastes*” (Amaral *et al.*, 2022), apresentaram uma análise detalhada das relações entre os pré-requisitos, categorias e impactos dos desperdícios por *making-do*. O estudo incluiu um banco de dados com 156.762 não conformidades relacionadas à produção levantadas em canteiros de obras de sete empresas Incorporadoras e Construtoras Cearenses e Goianas. Desse número, foram analisadas 8.842 não conformidades que, em seguida, foram caracterizadas segundo os parâmetros de classificação das perdas por *making-do*, gerando um total de 6.339 ocorrências de dados de perdas por *making-do* em empreendimentos residenciais multifamiliares. Segundo Amaral *et al.* (2022), foi necessário analisar individualmente cada não conformidade fornecida pelas empresas para classificação dos dados, que posteriormente foram tabulados nos *softwares* Microsoft Excel® e PowerBi®.

A justificativa para o desenvolvimento deste trabalho sobre perdas por *making-do* é fundamentada em vários pontos essenciais:

- i. **Cumprimento de requisitos acadêmicos:** Este estudo é fundamental para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP). A pesquisa é caracterizada por sua natureza prática e aplicada, visando a aplicação de conceitos da Engenharia de Produção tanto no ambiente acadêmico quanto no empresarial, promovendo a integração entre teoria e prática.

- ii. **Observação de lacunas do conhecimento:** A experiência profissional do autor, combinada com o acesso a dados de construtoras e a observação direta do mercado, evidencia uma lacuna significativa no conhecimento e na aplicação dos conceitos de gestão de perdas, especialmente em relação às perdas por improvisação. Essa lacuna foi corroborada pela Revisão Sistemática da Literatura, que revelou uma carência de estudos detalhados sobre a análise e modelagem das perdas por improvisação na construção civil. Isso ressalta a necessidade urgente de desenvolver métodos para modelar e gerenciar essas perdas, facilitando uma tomada de decisões mais eficaz.
- iii. **Continuidade e expansão de pesquisas existentes:** Trabalhos anteriores, como os de Amaral *et al.* (2019, 2021, 2022, 2023, 2024), já exploraram a identificação e análise das perdas por *making-do*. Este estudo visa avançar nessa linha de pesquisa, abordando uma importante lacuna: a proposição de diretrizes práticas para a redução das perdas por *making-do* em canteiros de obras. A criação de diretrizes fornecerá ferramentas valiosas para gestores e especialistas, ajudando a reduzir os impactos negativos dessas perdas e melhorar a eficiência operacional.
- iv. **Necessidade do desenvolvimento de Modelos de Decisão aplicáveis:** Apesar dos avanços na pesquisa sobre perdas por *making-do*, ainda é insuficiente a disponibilidade de estudos que apontem modelos de tomada de decisão que auxiliem os gestores na seleção de soluções eficazes para reduzir essas perdas e seus impactos nos projetos.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo é propor e desenvolver um modelo de tomada de decisão que auxilie gestores da construção civil na seleção das diretrizes eficazes para a redução dos impactos causados pelas perdas por *making-do* em canteiros de obras, baseado em um levantamento e classificação prévio dessas perdas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diante do objetivo primário, tem-se como objetivos específicos:

- i. Desenvolver uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), na qual busca investigar publicações estudem possíveis modelagens de dados para proposições de diretrizes.
- ii. Levantar as melhores práticas de trabalho não incorporadas em um procedimento padronizado das empresas construtoras objeto de estudo.
- iii. Definir diretrizes para evitar a ocorrência de *making-do* no ciclo da construção civil para guiar decisões e auxiliar no processo produtivo.
- iv. Definir as diretrizes para o maior número de ocorrência nas perdas analisadas.

- v. Propor um modelo de tomada de decisão multicritério, utilizando os métodos *Fuzzy-Delphi* e *TOPSIS*, que auxiliará os gestores na identificação das diretrizes mais eficazes para reduzir os impactos das perdas.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

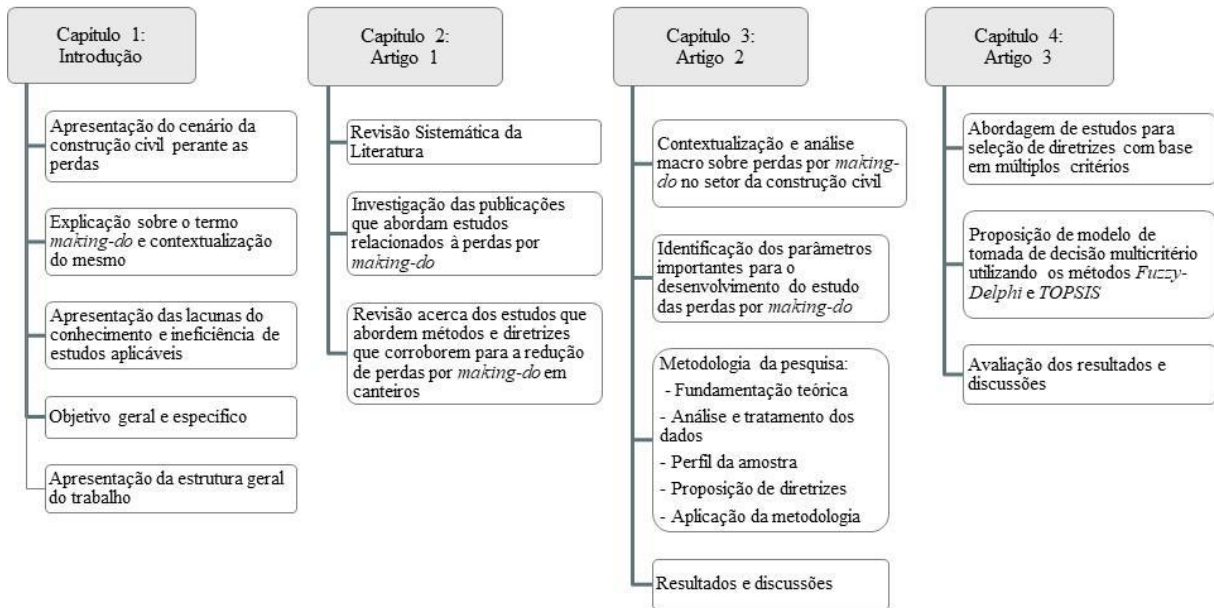
A abordagem dessa pesquisa se classifica como qualitativa, pois primeiramente foram analisados e tratados os dados do banco de informações do grupo de pesquisa em planilha padronizada, para posteriormente serem classificados e sugeridas as diretrizes. Quanto à natureza, a pesquisa é aplicada, pela aplicabilidade na indústria da construção civil sugerindo melhorias nos processos de análise e redução de perdas em geral nos canteiros de obra. Com relação aos objetivos e procedimentos, a pesquisa é do tipo exploratória, pois busca familiarizar-se com o fenômeno em estudo e fornecer dados e análises para ampliação de pesquisas anteriores e subsequentes.

Foram conduzidas análises de natureza qualitativa durante a concepção e coleta de informações, as quais foram empregadas para o processamento dos dados coletados por meio de estudo de multi-casos em canteiros de construção civil.

Para o desenvolvimento da revisão sistemática da literatura presente no capítulo 2, utilizou-se as diretrizes propostas por Kitchenham (2004) ao dividi-la em três estágios: planejamento, condução e documentação. Esta pesquisa teve como objetivo guiar as leituras que embasaram o referencial teórico da pesquisa ao estabelecer uma linha de raciocínio com a intenção de analisar e aprofundar conhecimentos sobre as perdas por *making-do* em canteiros de obra da construção civil, com enfoque na busca por estudos que buscassem métodos e diretrizes para redução de perdas em canteiros.

Para atender ao objetivo principal deste trabalho, que é criar um modelo de tomada de decisão que ajude os gestores da construção civil a escolher as diretrizes mais eficazes para minimizar os impactos das perdas por *making-do* em canteiros de obras, foi realizado um levantamento e tabulação dos dados do Artigo 2. Em seguida, foi feita uma classificação detalhada das diretrizes propostas em relação aos impactos, utilizando métodos como *Fuzzy-Delphi* para integrar opiniões especializadas e *TOPSIS* para classificar e ranquear as alternativas propostas com base em múltiplos critérios.

Figura 1 – Atendimento aos objetivos da pesquisa frente a estrutura da coletânea de artigos.



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é composta por quatro capítulos: Introdução, Conclusão e dois artigos científicos nos capítulos intermediários.

No Capítulo 2 – Artigo 1, é apresentada a Revisão Sistemática da Literatura sobre perdas por *making-do*.

No Capítulo 3 – Artigo 2, é apresentada uma proposição de metodologia para evitar a ocorrência de perdas por *making-do* em canteiros de obra da construção civil.

No Capítulo 4 – Artigo 3, proposto um modelo de tomada de decisão multicritério, utilizando os métodos *Fuzzy-Delphi* e *TOPSIS*, para auxiliar gestores na seleção das diretrizes mais eficazes para a redução dos impactos causados pelas perdas por *making-do* em canteiros de obras.

5. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O enfoque da pesquisa é desenvolver um modelo para antecipar decisões na fase de planejamento de atividades no canteiro de obras, a fim de reduzir os impactos das perdas por *making-do* na construção civil.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, D. S.; REZENDE, T.; ALMEIDA, A.; LEITE, D. Diretrizes para prevenção de perdas por *making-do*: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Engenharia e Construção**, v. 29, n. 2, p. 123-145, 2024.

AMARAL, T. G. A., BRAGA, P. B. D, VIEIRA, S.V, & BARROS NETO, J. P. **Relations Between Preconditions, Categories and Impacts of *making-do* Wastes**. Proceedings of the 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC30), 1111-1122. doi.org/10.24928/2022/0219. 2022.

AMARAL, T. G. do; BRANDÃO, C. M.; ELIAS, K. V.; BRAGA, P. B. **Identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras**. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Goiânia, v. 15, n. 1, p. 245–260. DOI: 10.5216/reec. v15i1.54562. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/54562>. 2019.

AMARAL, T. G. do; MENDES, M. A. P.; ALVARENGA, N. de P. L. de; **Diretrizes para minimização de perdas por *making-do***. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió. Anais[...] Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/424>. 2021.

ASLAM, M., GAO, Z., SMITH, G. **Exploring factors for implementing lean construction for rapid initial successes in construction**. Journal of Cleaner Production, Volume 277, 2020, 123295, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123295>. 2020.

BRAGA, P. B. **Análise de perdas por *making-do* por meio de planilhas dinâmicas**. Goiânia, 2018. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

CUNHA, M. P. **Bricolage in organizations**. 2005.

FAZINGA, W. R.; SAFFARO, F. A. Identificação **dos elementos do trabalho padronizado na construção civil**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 27-44, jul./set. 2012.

FIREMAN, M.T., FORMOSO, C.T., ISATTO, E. L. **Integrating Production and Quality Control: Monitoring *Making-do* and Unfinished Work**, 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Fortaleza, Brazil, 2013.

KITCHENHAM, Barbara; CHARTERS, Stuart. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report, 2007.

KOSKELA, L. ***Making-do* – The Eighth Category of Waste**. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12, 2004.

KOSKELA, L. **An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction**. Thesis (Ph.D) –Technical Research Centre of Finland, Espoo, 2000.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Technical Report nº. 72. Center for Integrated Facility Engineering. Stanford University, 1992.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Technical Report n°. 72. Center for Integrated Facility Engineering. Stanford University, 1992.

MACIEL, C. C. M., CAVALCANTE, G. O., EPIFÂNIO M. **Protocolo de identificação e análise de perdas por *making-do***. Goiânia, 2020. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

RONEN, B. **The Complete Kit Concept**. International Journal of Production, v. 30, n. 10, p. 2457–2466, 1992.

SANTOS, D.; G. **Modelo de gestão de processos na construção civil para identificação de atividades facilitadoras**, Doutora Dissertação. Pós-Graduação no Programa de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

SANTOS, P. R. R.; SANTOS, D. DE G. **Investigação de perdas devido ao trabalho inacabado e o seu impacto no tempo de ciclo dos processos construtivos**. Ambiente Construído, v. 17, n. 2, p. 39–52. 2017.

SCARAMUSSA, T. R.; ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T. **Análise das causas e da relação causal entre *making-do*, retrabalho e falta de terminalidade**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 10. Fortaleza. Anais, 2017.

SOMMER, L. **Contribuições para um método de identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras**. Porto Alegre, 2010. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

CAPÍTULO 2:
REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE PERDAS POR *MAKING-DO*

RESUMO

Com a contínua evolução econômica, o mercado passou a demandar decisões embasadas em indicadores de desempenho, como produtividade, sequenciamento e qualidade. A competitividade no setor da construção civil emergiu como um objetivo compartilhado, exigindo maior controle, aprimoramento de desempenho e a redução de perdas e impactos ambientais. Nesse contexto, foi introduzida uma nova categoria de perda conhecida como *making-do*, caracterizada pelo início de tarefas sem a disponibilidade integral dos recursos necessários, o que intensifica a improvisação na execução dentro de canteiros de obra da construção civil. As perdas relacionadas ao *making-do*, resultantes de eventos de improvisações, desencadeiam desperdícios, preocupações com a saúde e segurança do trabalho, além de impactos no processo de produção. O estudo propõe uma revisão sistemática da literatura para explorar pesquisas sobre a categoria de perda apresentada por Koskela (2004) e possíveis abordagens de modelagem de dados visando a implementação de diretrizes que minimizem as perdas por *making-do* em canteiros de obra. A metodologia adotada para a pesquisa é a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que busca fornecer um resumo crítico e uma síntese de diversas perspectivas.

Palavras-chave: *Making-do*; Perdas; Diretrizes; Construção Civil

1. INTRODUÇÃO

A transformação nas expectativas dos consumidores e o declínio do crescimento acelerado na construção civil brasileira após 2010 ressaltaram a importância de aprimorar continuamente os processos operacionais, o planejamento e o controle de produção para manter a competitividade e a rentabilidade das empresas do setor. De acordo com Ferreira *et al.* (2022), essas mudanças exigem uma abordagem mais integrada e eficiente na gestão de projetos, destacando a necessidade de inovação nas práticas de construção e de gerenciamento mais rigorosos das etapas produtivas para enfrentar os desafios contemporâneos e garantir a sustentabilidade econômica das empresas.

Com a constante mudança econômica, o mercado passou a ser mais exigente e competitivo, necessitando ainda mais de tomadas de decisões que demandam uma constante busca de indicadores de desempenho, tais como os de produtividade, sequenciamento, qualidade, consumo, valor, dentre outros.

Diante desta realidade, tornar o setor da construção civil mais competitivo é um objetivo comum entre as comunidades acadêmicas e técnicas. E, para tanto, torna-se necessário aumentar os controles e desempenhos, reduzir as perdas e reduzir os impactos ao meio ambiente (ADEWUYI, IDORO e IKPO, 2014; ANSAH, SOROOSHIAN e MUSTAFA, 2016).

Com base nessa definição Koskela (2004) apresenta a oitava categoria de perda, denominada *making-do* que é caracterizada como a situação na qual uma tarefa é iniciada sem a disponibilidade de todos os recursos necessários para a sua conclusão, e por consequência potencializa o uso da improvisação dentro da execução.

De acordo com Leão (2014) e Santos (2017), por sua vez, as perdas por *making-do* ocorrem devido à falta de planejamento da obra e/ou improvisações. A importância de se analisar esse

tipo de perda é ressaltada pela relação de causa e efeito das perdas por *making-do* ao originar outros tipos de perdas, como desperdícios de materiais, questões de saúde e segurança da mão de obra e impactos no processo de produção como um todo, inclusive no cronograma e no orçamento da obra (SCARAMUSSA, 2017; AMARAL, 2018).

Scaramussa (2017), nesse sentido, aponta em seu estudo que 49% dos pacotes de perdas estão relacionados ao *making-do* e que algumas dessas perdas, na tentativa de serem corrigidas, acabam gerando outras situações de improvisação que caracterizam novamente o *making-do*. Tais ações geram baixa qualidade e/ou produtividade, aumento dos custos inicialmente previstos e redução da segurança, destacando-se assim a importância de se definir diretrizes para soluções, visando a prevenção e correção da ocorrência destas perdas. Evidencia-se, deste modo, a importância da análise desse tipo de perdas.

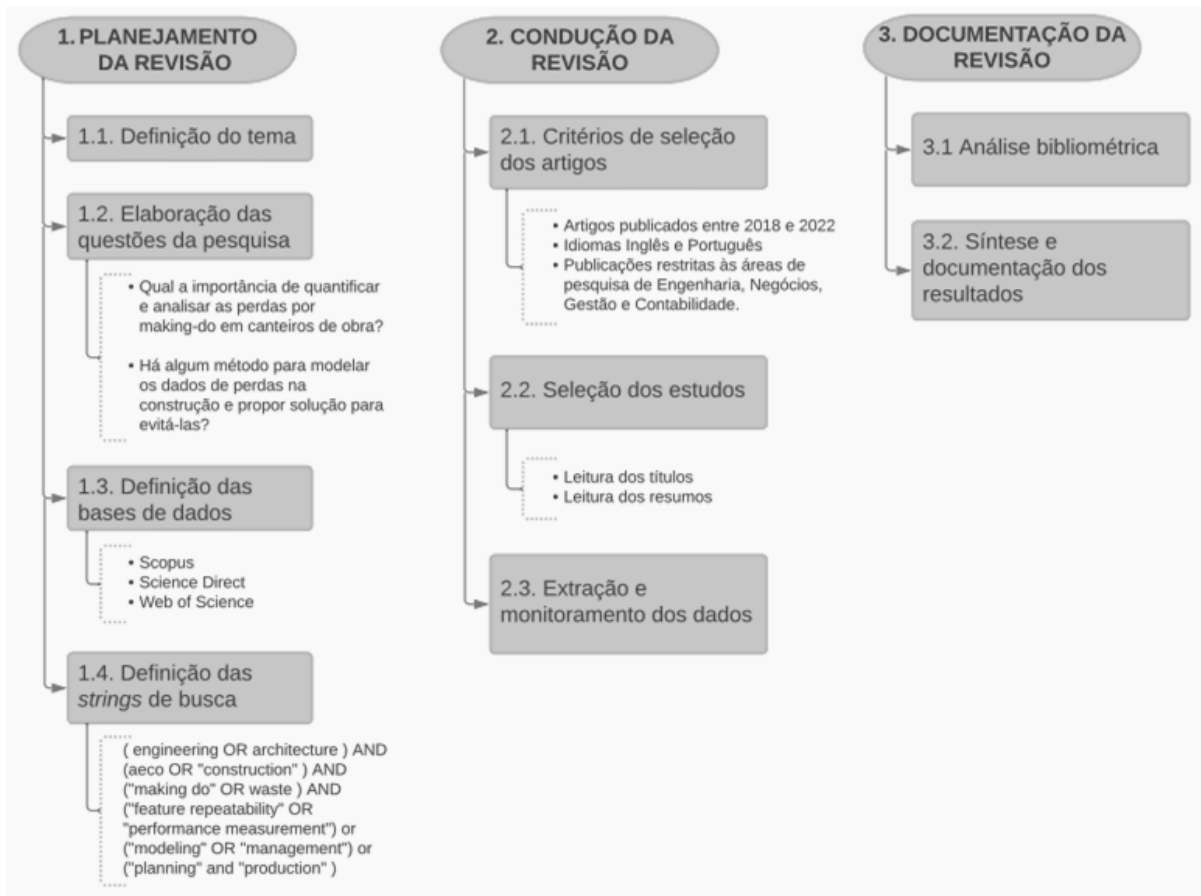
A proposta deste trabalho é o desenvolvimento de uma revisão sistemática da literatura (RSL), na qual busca investigar publicações que abordem estudos relacionados a categoria de perda proposta por Koskela em 2004 e estudem possíveis modelagens de dados para proposições de diretrizes - que tem por objetivo reduzir eventos de perdas por *making-do* em canteiros de obra.

2. MÉTODO DE PESQUISA

No estudo em questão foi adotado como estratégia de pesquisa uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Segundo Sampaio e Mancini (2007), esse tipo de pesquisa utiliza como fonte de dados a literatura existente sobre o assunto, captando os sumários de abordagens de distintos pesquisadores sobre um tema, para então fornecer um resumo acerca de um tipo de enfoque, por meio da aplicação de métodos sistematizados de busca, seguidos de uma revisão crítica e síntese de textos estudados. Para além disso, uma revisão sistemática da literatura deve se ater a uma estratégia de busca bem definida e clara, garantindo também a identificação e relato de pesquisas que discordem das abordagens mais comuns, amplamente aceitas ou mesmo preferidas do pesquisador (KITCHENHAM e CHARTERS, 2007).

Com isso, para a elaboração do mapeamento desta pesquisa, o estudo foi dividido em três etapas, demonstradas na Figura 1.

Figura 1 – Método do Mapeamento Sistemático da Literatura.



Fonte: Autores (2023).

2.1. PLANEJAMENTO DA REVISÃO

A definição do tema foi baseada em uma necessidade de analisar e aprofundar conhecimentos sobre as perdas por improvisação (também chamadas de perdas por *making-do*) em canteiros de obra da construção civil, com enfoque na busca por estudos que proponham métodos/modelagens e diretrizes para redução e/ou mitigação de perdas em canteiros.

Com isso, foram formuladas duas questões de pesquisa:

- i. Qual a importância de quantificar e analisar as perdas por *making-do* em canteiros de obra?
- ii. Existe algum método para modelar os dados de perdas na construção e propor soluções para evitá-las?

Optou-se por buscar trabalhos que tivessem sido publicados em periódicos internacionais. Sendo assim, foram selecionadas bases de grande relevância no cenário científico e bases que continham o maior número de pesquisas relevantes para a área de estudo em questão, que foram Scopus, Science Direct e Web of Science.

Findando a etapa de planejamento da pesquisa e, a partir das questões definidas inicialmente, definiu-se a string a ser utilizada em todas as bases de dados citadas anteriormente, sendo ela: (engineering OR architecture) AND ("aeco" OR "construction") AND ("making do" OR waste) AND ("feature repeatability" OR "performance measurement") or ("modeling" OR "management") or ("planning" and "production").

2.2. CONDUÇÃO DA REVISÃO

A metodologia de pesquisa e extração dos artigos nas três bases de dados seguiram o mesmo padrão. Após inclusão da string, foram aplicados três filtros que contemplassem apenas os trabalhos publicados nos idiomas inglês e português; relacionados às áreas de estudo de Engenharia, Negócios, Gestão e Contabilidade e, por último, com o intuito de refinar a busca, foi adotado o filtro de seleção de apenas artigos publicados entre os anos de 2018 a 2022.

Após conclusão da etapa de pesquisa, todos os documentos obtidos foram extraídos e importados para o website Rayyan. O gerenciamento de exclusão dos documentos foi realizado por meio da leitura dos títulos e resumos, seguindo o protocolo a seguir:

- i. Exclusão dos artigos que não contemplassem no título ou resumo pelo menos uma das palavras pertencentes a *string*;
- ii. Exclusão dos artigos que não abordassem tema voltado à construção civil ou modelagem de dados;
- iii. Exclusão dos artigos que abordassem sobre custos e/ou materiais de construção.

2.3. DOCUMENTAÇÃO DA REVISÃO

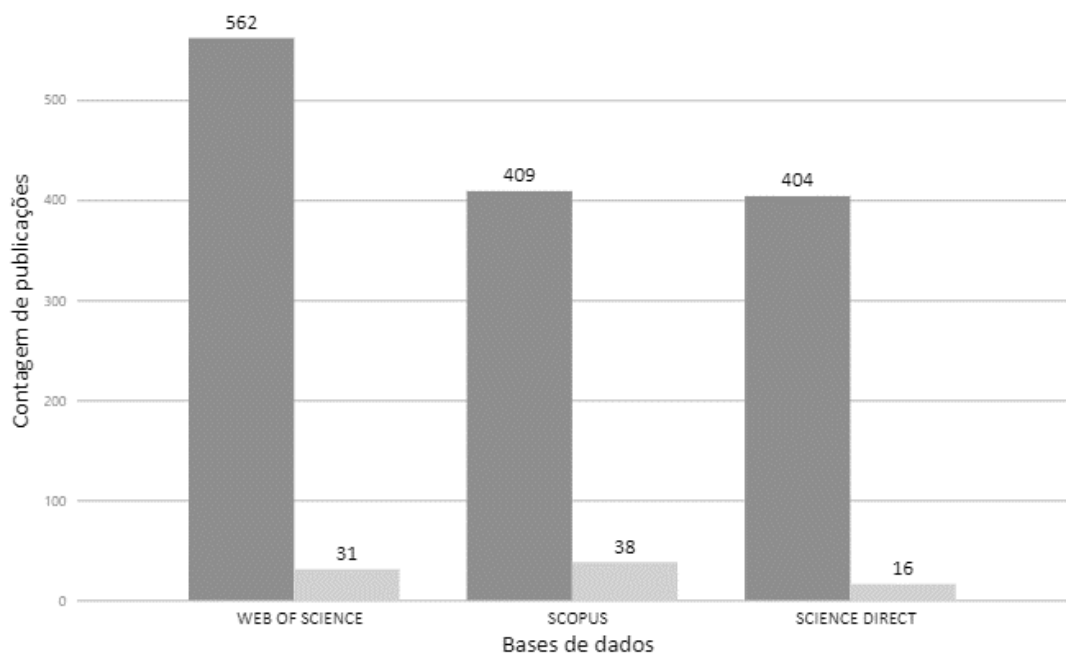
Ao final da seleção dos artigos, objetivando a análise bibliométrica, foi extraído em formato .csv e dispostos em uma planilha no Microsoft Excel® os seguintes indicadores: fonte (revista ou conferência), ano de publicação, autores, número de publicações anuais, local e instituição de publicação, referências e palavras-chaves.

Para evolução na etapa de análise dos artigos selecionados, os dados foram tabulados no Microsoft Excel® para que, após padronização, fosse exportado para uso e geração de gráficos no software Microsoft Power BI®.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo o método descrito na Figura 1, retornaram o total de 1.414 publicações, nas quais 36 foram descartadas por estarem repetidas nas diferentes bases de dados utilizadas. Sendo assim, foram analisados 1.375 trabalhos com auxílio do software Rayyan, onde foi aplicado o protocolo e extraído o número de resultados por base. Após aplicação do protocolo de exclusão, restaram-se 85 artigos, distribuídos e apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Seleção dos artigos por base antes e após aplicação do protocolo.

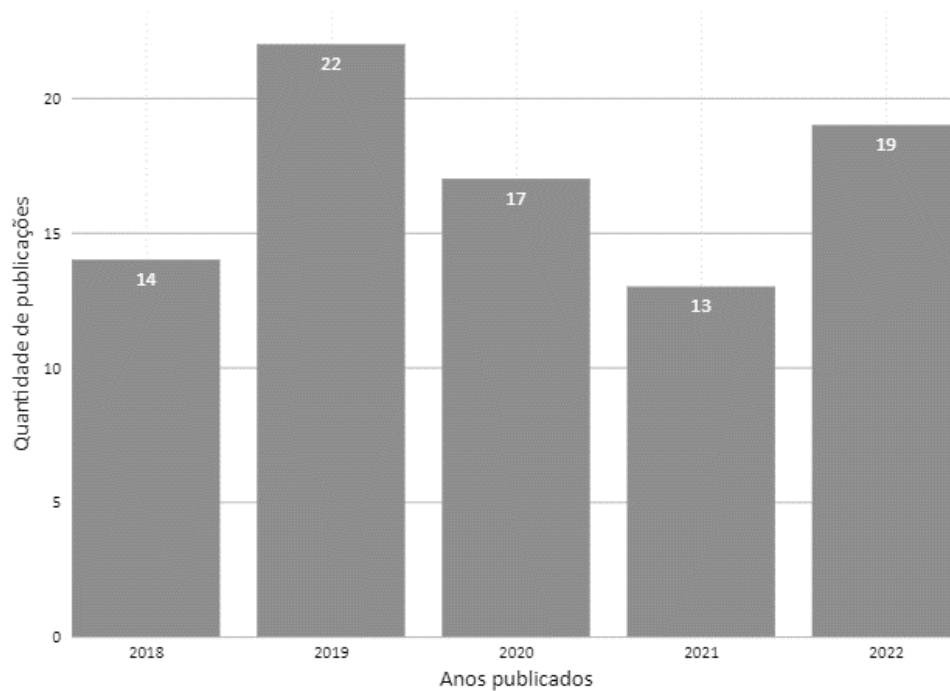


Fonte: Autores (2023).

Na Figura 3 é possível perceber que a base de dados que mais retornou publicações após aplicação da string e filtros, foi a Web of Science (40,87%), seguido pela base Scopus (29,74%) e, por último, a Science Direct (29,38%). Entretanto, após aplicação do protocolo de exclusão dentro do software Ryann, a base de dados com maior número de trabalhos escolhidos foi a Scopus, somando um percentual de 44,70% do total.

A segunda análise realizada foi referente aos anos de publicação das 85 publicações selecionadas, demonstrada na Figura 3. Percebeu-se que houve um salto de 57% a mais de publicações em 2019 quando comparado ao ano anterior, sendo então 2019 o ano com maior número de publicações relevantes a essa pesquisa, seguido por 2022.

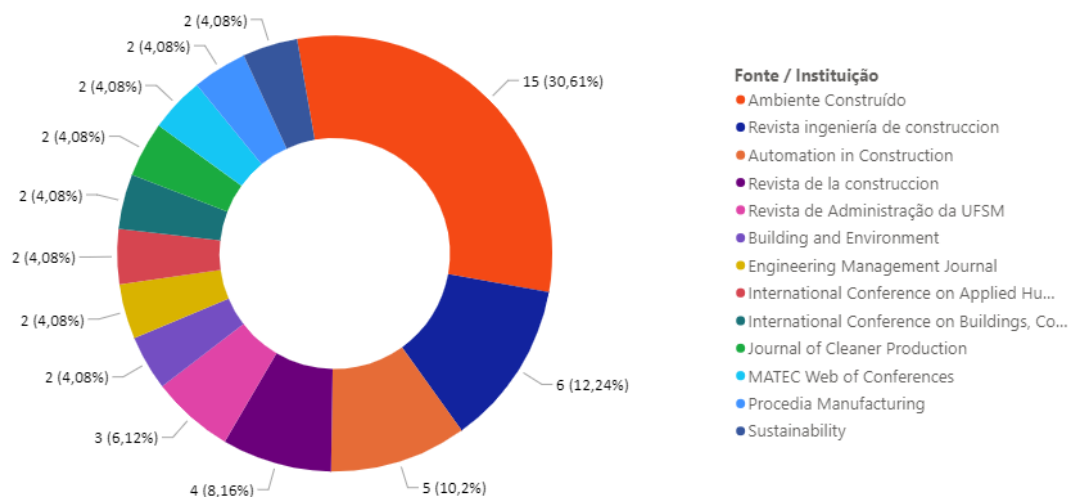
Figura 3 – Classificação em quantidade de publicações por ano.



Fonte: Autores (2023).

Seguindo com a análise bibliométrica, destaca-se a de publicações por periódico (Figura 4). O destaque é a revista “Ambiente Construído”, que totalizou 15 trabalhos publicados, correspondendo a quase 31% da amostra total. As outras revistas mais relevantes, com 6 e 5 publicações, consecutivamente, foram as revistas “Engeniería de Construccion” e a “Automotion in Construction”.

Figura 4 – Classificação de publicações por instituição.



Fonte: Autores (2023).

Quadro 1 – Lacunas do conhecimento e seus critérios de seleção.

Categoria das lacunas do conhecimento	Critérios de seleção
Ferramentas de integração entre <i>BIM</i> e <i>Lean</i>	Artigos que abordam ferramentas que integrem os conceitos <i>Lean</i> e <i>BIM</i> na gestão de projetos e canteiros de obra.
Gerenciamento de resíduos da construção	Artigos que apresentem maior variabilidade de testes e um banco de dados mais abrangente, devido às inúmeras características e diferenças das causas e dos próprios resíduos que existem na construção.
<i>Big Data</i>	Artigos que abordam a criação de modelos de implementação da tecnologia e das oportunidades em <i>big data</i> na construção.
Indústria 5.0	Artigos que abordam ferramentas dedicadas à colaboração entre humanos, valor social e resiliência.
Improvisação na construção civil	Artigos que apresentem a identificação completa dos padrões emergentes para incorporação nos padrões construtivos.
Revisão sistemática	Artigos que são RSL e que apresentam diversas lacunas do conhecimento.

Fonte: Autores (2023).

4. CONCLUSÃO

Com a realização do levantamento sistemático foi possível identificar a insuficiência de trabalhos que abordem as necessidades de analisar e aprofundar conhecimentos sobre perdas por improvisações na construção civil, tão menos estudos que proponham métodos para modelagem desses dados para proposição de soluções. Neste sentido, acredita-se que há uma grande relevância em pesquisar, investigar e aprofundar no tema, visto a carência de pesquisas voltadas à essa área de estudo.

A partir da revisão bibliográfica, de acordo com Formoso (2017), e conforme citado por Paiva (2022), a improvisação é apresentada na literatura como algo natural do ser humano e parte do cotidiano do trabalho. Dessa forma, o uso da improvisação dá destaque a necessidade de adaptações e proposição de diretrizes que possibilitem a redução das perdas na construção.

Entretanto, dos 19 artigos selecionados após o recorte temporal, apenas uma publicação mostrou interesse em relação ao tema sobre improvisação. Todavia, os autores reforçam um contexto contrário ao tema neste trabalho estudado. A proposta dos autores é identificar as improvisações para adequá-las ao processo executivo, criando padronizações após esses eventos. Mas, apesar dos objetivos serem diferentes, este artigo respondeu uma das questões de pesquisa apontadas inicialmente, sobre a importância de quantificar e analisar as perdas por *making-do*, mesmo que seja para levantar melhores práticas de trabalho e incorporá-las a um procedimento padronizado.

Com isso, conclui-se que a construção civil ainda carece de pesquisas voltadas às análises das perdas e suas causas raízes, tanto quanto, proposições que mitiguem ou diminuam seus eventos em canteiros de obra. Esse cenário apenas reforça a importância e os benefícios que os estudos sobre perdas por *making-do* proporcionam ao longo do ciclo de vida de uma obra.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEWUYI, T.O.; IDORO, G.I.; IKPO, I.J. **Empirical Evaluation of Construction Material Waste Generated on Sites in Nigeria**. *Civil Engineering Dimension*, v. 16, n. 2, 2014.

AYINLA, Kudirat; CHEUNG, Franco; SKITMORE, Martin. Análise de Resíduos de Processo para Métodos de Produção Externa para Construção de Casas: Um Estudo de Caso de Produção de Painéis de Parede em Fábricas. **Revista de Engenharia e Administração da Construção**, v. 148, n. 1, pág. 05021011, 2022.

CRUZ, Rodrigo José Paiva; SAFFARO, Fernanda Aranha; LANTELME, Elvira Maria Vieira. Padrões emergentes na construção civil: a padronização baseada na improvisação. **Ambiente Construído**, v. 22, p. 299-319, 2022.

D'ANGELO, L.; HAJDUKIEWICZ, M.; SERI, F.; KEANE, M.M. **A novel BIM-based process workflow for building retrofit**. *Journal of Building Engineering*, v. 50, 2022

ELDEEP, Ahmed M.; FARAG, Moataz AM; ABD EL-HAFEZ, LM Utilizando o BIM como ferramenta de gestão enxuta em processos construtivos – Um estudo de caso. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 13, n. 2, pág. 101556, 2022. See More

FERREIRA, João; SILVA, Maria; COSTA, Pedro. Desafios e inovações na construção civil: uma análise pós-2010. **Revista Brasileira de Engenharia de Produção**, v. 22, n. 3, p. 45-60, 2022.

GOULART, Eliane Lourenço; WEYMER, Alex Sandro Quadros; MOREIRA, Vilmar Rodrigues. The influence of self-efficacy on training effectiveness in cooperative organizations. **Revista de Administração da UFSM**, v. 15, p. 331-353, 2022.

GUNDUZ, Murat; ALY, Aly A.; EL MEKKAWY, Tarek. Fatores de Engenharia de Valor com Impacto no Desempenho da Gestão de Projetos de Construção. **Revista de Administração em Engenharia**, v. 38, n. 3, pág. 04022012, 2022.

GUPTA, Sakshi; JHA, Kumar Neeraj; VYAS, Gayatri. Propondo um referencial teórico baseado em modelagem de informações de construção para gerenciamento de resíduos de construção e demolição: estratégias e ferramentas. **International Journal of Construction Management**, v. 22, n. 12, pág. 2345-2355, 2022. See More

KOSKELA, L. **Making-do – The Eighth Category of Waste**. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12, 2004, Dinamarca.

LEÃO, C. F. **Proposta de Modelo Para Controle Integrado da Produção e da Qualidade Utilizando Tecnologia de Informação**. Porto Alegre, 2014. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

MUNAWAR, Hafiz Suliman *et al.* Big Data na Construção: Aplicações Atuais e Oportunidades Futuras. **Big Data e Computação Cognitiva**, v. 6, n. 1, pág. 18 de 2022.

PEREIRA, P.M.; VIEIRA, C.S. **A Literature Review on the Use of Recycled Construction and Demolition Materials in Unbound Pavement Applications**. *MDPI*, v. 14, n. 21, 2022.

RAHMAN, MD; BELAYUTHAM, Sheila. **Estrutura de avaliação de relacionamento BIM-Lean: um estabelecimento conceitual**. 2022.

SANTOS, P. R. R.; SANTOS, D. de G. **Investigação de perdas devido ao trabalho inacabado e o seu impacto no tempo de ciclo dos processos construtivos**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 39-52, abr./jun. 2017.

SCARAMUSSA, T. R.; ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T. **Análise das causas e da relação causal entre *making-do*, retrabalho e falta de terminalidade**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 10. Fortaleza. Anais, 2017.

SEIXAS, Renato de Melo *et al.* Building Information Modeling (BIM) para gestão da segurança do trabalho em obras de habitações populares. **Ambiente Construído**, v. 22, p. 235-254, 2022.

SILVA, Fernando Artur Nogueira *et al.* Resíduos de construção e demolição como matéria-prima em camadas de pavimentos. **Revista de la Construcción. Jornal da Construção**, v. 21, n. 1, pág. 184-192, 2022. See More

SINDHWANI, Rahul *et al.* A indústria 5.0 pode revolucionar a onda de resiliência e criação de valor social? Uma estrutura multicritério para analisar facilitadores. **Tecnologia na Sociedade**, v. 68, p. 101887, 2022. See More

SOMMER, L. **Contribuições Para Um Método de Identificação de Perdas Por improvisação em Canteiros de Obras**. Porto Alegre, 2010. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

ZHANG, Yanqiu. Aplicação da Tecnologia BIM na Gestão do Cronograma de Obras. In: **2021 International Conference on Big Data Analytics for Cyber-Physical System in Smart City**. Springer, Cingapura, 2022. p. 77-85.

CAPÍTULO 3:
PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA PARA EVITAR A OCORRÊNCIA DE PERDAS
POR *MAKING-DO* NA CONSTRUÇÃO CIVIL

RESUMO

O cenário da indústria da Construção Civil é apontado pelo nível elevado de perdas na produção, geração de resíduos e atividades sem valor agregado. Dentre as perdas existentes ocorrem as perdas por *making-do*, tendo como consequências: a redução da produtividade, diminuição da segurança e da motivação do trabalhador, redução de qualidade e retrabalho. Desse modo, o presente trabalho propõe uma metodologia a partir do estabelecimento de diretrizes cujo objetivo é evitar a ocorrência das perdas por improvisação por meio da prevenção de suas causas. Para tal, buscou-se realizar o tratamento de um banco de dados que contém um levantamento de perdas por *making-do* em canteiros de obras. Obteve-se uma amostra de 420 perdas, e foram elaboradas 47 diretrizes distintas que se aplicam a diferentes etapas de obra. A diretriz com o maior número de ocorrências foi “Realizar verificação e inspeção a partir da Ficha de Verificação de Serviços antes, durante e após a execução do serviço”, enquanto o maior número de proposições se refere a perdas cujos pré-requisitos faltantes foram “Informação” e “Mão-de-obra”. Tais diretrizes, quando aplicadas junto à metodologia proposta, podem se tornar uma ferramenta estratégica aliada a uma gestão de produção cada vez mais livre de perdas e desperdícios.

Palavras-chave: *Making-do*; Perdas; Diretrizes; Gestão de Produção; Construção Civil.

1. INTRODUÇÃO

Em geral, presume-se que existe um nível muito elevado de resíduos/atividades sem valor agregado na construção, no qual diversos estudos confirmaram que as perdas na indústria da construção representam uma percentagem relativamente grande do custo de produção (AZIZ; HAFEZ, 2013).

No entanto, as perdas na construção civil vão além das perdas geradas e podem ser entendidas como qualquer ineficiência que se reflita no uso de materiais, mão-de-obra e equipamentos em quantidades superiores às necessárias à produção da edificação (SANTOS et al., 1996; SANTOS; SANTOS, 2017; OHNO, 1988).

Uma aplicação possível para melhorar o desempenho nos processos construtivos com a minimização dos custos é a aplicação do sistema de produção enxuta (YÜCENUR; KAAAN, 2021). Trata-se dos princípios do Sistema Toyota de Produção desenvolvido por Ohno (1988). Koskela (1992) propôs a aplicação no setor da construção civil em uma nova filosofia denominada Lean Construction.

A Produção Enxuta propõe a redução de perdas e improvisos na produção em busca de um produto de maior qualidade e menor custo (SANTOS; SANTOS, 2017). Como resultado, a construção enxuta incorpora muitas dimensões e técnicas que se tornaram sinônimos de produção enxuta, como entrega *just in time*, mapeamento do fluxo de valor e melhoria contínua do processo (SMALL; AL HAMOURI; AL HAMOURI, 2017).

Ohno (1988) identificou e categorizou vários tipos de perdas na produção, classificando-os nas seguintes categorias: desperdício de superprodução, desperdício de tempo disponível (espera), desperdício no transporte, desperdício do próprio processamento, desperdício de estoque disponível (estoque), desperdício de movimento e desperdício de fabricação de produtos defeituosos. No contexto da construção civil, Koskela (2004) apresenta um novo tipo de perda, denominado *making-do*. O termo *making-do*, é definido como ato de iniciar uma tarefa sem

garantir que todas as entradas necessárias (materiais, ferramentas, máquinas, pessoas, condições externas e informações) estejam acessíveis ou quando a mesma continua em execução apesar de faltar uma das entradas, fazendo com que ocorram improvisações na execução do serviço (KOSKELA, 2004).

Segundo Koskela (2004), dentre as consequências das perdas por *making-do* destacam-se, principalmente, a redução da produtividade, diminuição da segurança e da motivação do trabalhador, redução de qualidade e retrabalho. A investigação das perdas e o seu impacto no tempo de ciclo dos processos construtivos é também estudado por outros autores, Sommer (2010), Fireman (2012). De acordo com Amaral et al. (2023), o retrabalho (38,03%), a desmotivação (11,74%) e a falta de terminalidade (9,67%) representam os principais impactos relacionados às perdas por *making-do*.

Apesar das filosofias enxutas serem fenômenos emergentes na fabricação e no gerenciamento de projetos de construção, ainda assim, a indústria da construção está lutando para utilizar todos os seus benefícios, seja devido à falta de conscientização ou na falta de aplicação de estratégias claras (ASLAM et al., 2020). De forma semelhante, ainda não é apontado na literatura medidas para prevenir ou mitigar as perdas por *making-do*.

Trabalhos anteriores de Braga (2018) e Maciel et al. (2020), já tratavam sobre a identificação e análise de perdas por *making-do*. Amaral et al. (2019, 2021, 2022) realiza estudos sobre perdas por *making-do* conjuntamente com um grupo de pesquisa, em seu trabalho de 2022, realiza o levantamento de um significativo banco de dados de perdas para análise da relação entre pré-requisitos, categorias e impactos.

Ao avançar nesta área de pesquisa, o presente trabalho busca preencher uma lacuna importante na literatura existente. A principal contribuição deste estudo é a proposição de diretrizes específicas para evitar perdas por *making-do*. Em paralelo a isso, esse estudo também propõe a criação de uma metodologia detalhada para a aplicação dessas diretrizes, com o objetivo de estabelecer estratégias práticas e eficazes para reduzir ou eliminar esse tipo de perda em canteiros de obra. Essas estratégias têm por objetivo orientar a tomada de decisões e otimizar o processo produtivo na construção civil. Em suma, o estudo busca não apenas aprofundar os conhecimentos acerca das perdas por *making-do*, mas também oferecer diretrizes e uma metodologia aplicável que possam melhorar a eficiência nos canteiros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Ohno (1988) estabeleceu um sistema de produção buscando eliminar desperdícios e aumentar a produtividade. Em tal já previa que o Sistema Toyota de produção representaria conceitos em administração que funcionam para qualquer tipo de negócio. Em seus estudos identificou sete perdas, ou desperdícios, no sistema de produção, classificadas em: superprodução, desperdício no tempo disponível (espera), desperdício no transporte, desperdício do próprio processamento, desperdício de estoque disponível (estoque), desperdício de movimento e desperdício de fabricação de produtos defeituosos.

A partir de tais, Koskela (2004) sugeriu a categorização de uma nova perda, a qual ele denominou de *making-do*. O autor definiu a oitava perda como uma tarefa ou um processo executivo que se inicia ou é continuado sem que tenha todas as condições, ou entradas necessárias, disponíveis para isso. Em outras palavras, *making-do* são perdas por uma espécie

de improvisação, ou adaptação das condições para dar início ou continuidade a uma tarefa.

A existência dessa oitava perda é ainda mais evidenciada dentro do cenário brasileiro da Construção Civil, devido à uma condição cultural, onde o processo de planejamento e gestão é pautado no início das atividades de um pacote de trabalho mesmo sem todas as condições necessárias para sua conclusão, sendo que, no processo executivo, o *making-do*, ou seja, a improvisação, se torna a única maneira de não se interromper o trabalho (AMARAL *et al.*, 2019).

Os estudos de Koskela (2000), Sommer (2010) e Fireman (2012) identificaram parâmetros muito importantes para o estudo das perdas por *making-do*: os pré-requisitos, as categorias e os impactos das perdas. Koskela (2000) definiu pré-condições necessárias para o início e o desenvolvimento de uma tarefa, no qual a falha na identificação prévia ou na disponibilização de algum destes pré-requisitos causam as perdas por improvisação. As categorias são um conjunto de situações a que a perda diretamente se refere, e são resultado da identificação de Sommer (2010) e Fireman (2012). Quanto aos impactos, foram identificados inicialmente por Koskela (2004), seguido por Sommer (2010) e por Fireman (2012), somando-se sete impactos ao todo. O Quadro 1 apresenta os pré-requisitos, categorias e impactos mencionados, enquanto no Quadro 2 a definição dos pré-requisitos e categorias.

Quadro 1 - Classificação de perdas por *making-do*: pré-requisitos e categorias e impacto.

IDENTIFICAÇÃO/CATEGORIA	AUTOR	PRÉ-REQUISITOS	AUTOR	IMPACTO	AUTOR
Acesso / mobilidade	Sommer (2010)	Informação	Sommer (2010); Koskela (2000)	Baixa produtividade	Sommer (2010)
Ajustes de componentes	Sommer (2010)	Materiais e componentes	Sommer (2010); Koskela (2000)	Diminuição da qualidade	Sommer (2010)
Área de trabalho	Sommer (2010)	Mão de obra	Sommer (2010); Koskela (2000)	Retrabalho	Sommer (2010)
Armazenamento	Sommer (2010)	Equipamentos / ferramentas	Sommer (2010); Koskela (2000)	Perdas de materiais	Sommer (2010)
Equipamentos / Ferramentas	Sommer (2010)	Espaço	Sommer (2010); Koskela (2000)	Compromete a segurança	Sommer (2010)
Instalação provisória	Sommer (2010)	Serviços interligados	Sommer (2010); Koskela (2000)	Desmotivação	Sommer (2010)
Proteção	Sommer (2010)	Condições externas	Sommer (2010); Koskela (2000)	Falta de terminalidade	Fireman (2012)
Sequenciamento	Fireman (2012)	Instalações: infraestrutura do espaço do trabalho	Sommer (2010)		

Fonte: Adaptado de Santos e Santos (2017).

Quadro 2 – Definições de pré-requisitos e categorias para a classificação das perdas por *making-do*.

PRÉ-REQUISITO	DEFINIÇÃO	CATEGORIA	DEFINIÇÃO
Informação	Não estão disponíveis informações adequadas referentes a planos, estudos ou trabalho;	Acesso/Mobilidade	Relativo ao espaço, meio ou forma de posicionamento de quem executa as tarefas;
Materiais e Componentes	Atividade com qualidade, quantidade e dentro das especificações de projeto e normas;	Ajuste de Componentes	Relacionado à existência de algum ajuste inesperado que seja necessário para o uso de componentes ou elementos não adequados.
Mão de obra	Não estão disponíveis os recursos humanos necessários, em número ou qualificação;	Área de Trabalho	Refere-se à bancada de trabalho ou área de apoio durante as atividades realizadas;
Equipamentos	Não estão disponíveis, não funcionam ou não são adequados às tarefas;	Armazenamento	Organização de materiais ou componentes em locais não preparados para o seu recebimento;
Espaço	Não há acesso à área de trabalho, circulação ou relativo à estocagem de materiais;	Equipamentos/ Ferramentas	Criados ou adaptados para uso durante as atividades;
Serviços Interligados	Atividades com alta interdependência comprometem a execução das tarefas subsequentes;	Instalações Provisórias	Criados ou adaptados para uso durante as atividades;
Condições Externas	Vento, chuva ou temperaturas extremas;	Proteção	Forma de uso dos sistemas de proteção;
Instalações	Não atendem as necessidades para execução dos pacotes de trabalho de instalações definitivas, provisórias ou de segurança.	Sequenciamento	Alteração pela equipe na sequência de produção;

Fonte: Adaptado de Amaral *et al.* (2019).

Os possíveis impactos foram definidos com base no que Koskela (2004) apontou como as possíveis consequências devido às perdas por improvisação. Fireman (2012) ressalta que os impactos gerados poderiam ocasionar o surgimento de outros tipos de perda, tais como a perda de materiais, acidentes e retrabalho.

De maneira a minimizar tais ocorrências, na literatura é buscado métodos para identificação das perdas por *making-do* e suas possíveis causas. Em uma investigação sobre a ocorrência das perdas, Sommer (2010) apontou que na maioria dos casos a decisão para as improvisações era baseada na experiência dos líderes que coordenavam as atividades ou seguido por práticas

comuns do setor. Tal maneira, propõe para que sejam minimizadas as improvisações nas obras uma análise prévia das categorias identificadas para o conceito de perda por *making-do*.

Apesar de Santos (2004) não apresentar proposições para minimizar a ocorrência das perdas por *making-do*, em seu estudo das causas de interrupções em obras, a autora buscou agrupar e posteriormente categorizar as atividades facilitadoras que, segundo esta, poderiam ser explicitadas através de uma lista de verificação de forma evitar interrupção nos processos.

Amaral *et al.* (2021) investigou as possíveis soluções para reduzir as perdas por *making-do* através do questionamento das possíveis causas referidas na literatura. Como produto foram propostas 122 diretrizes, das quais 110 (90,16%) propostas pelos pesquisadores e 12 (9,84%) foram retiradas da revisão sistema da literatura.

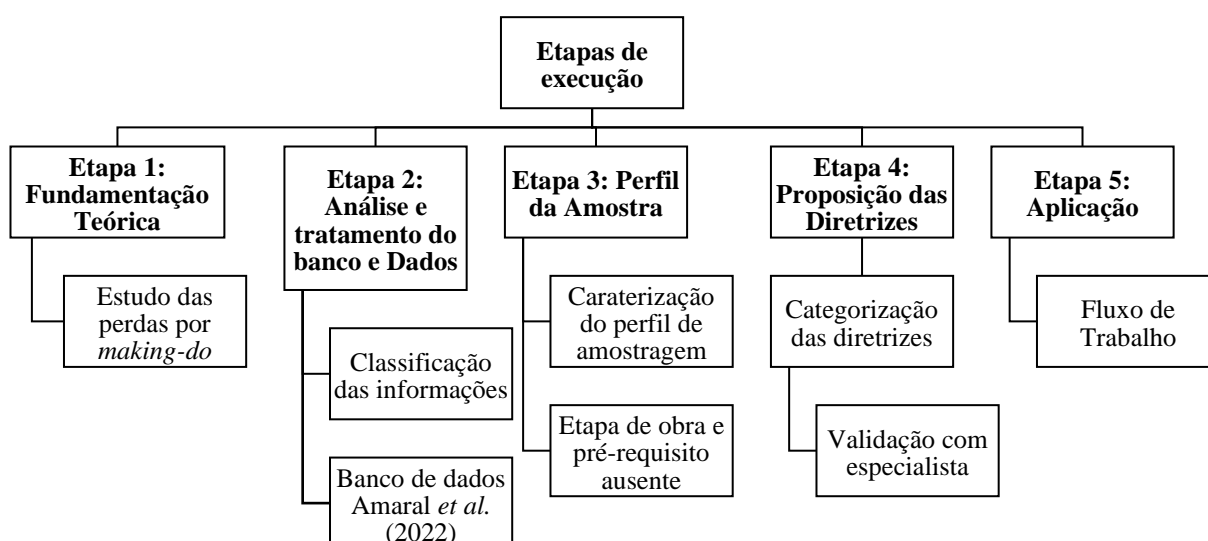
3. MÉTODO

A pesquisa foi classificada quanto à sua abordagem, natureza, objetivos e procedimentos. Em relação à abordagem, a pesquisa se classifica como qualitativa, pois primeiramente serão analisados e tratados os dados do banco de informações do grupo de pesquisa em planilha padronizada, para posteriormente serem classificados e sugeridas as diretrizes. Quanto à natureza, a pesquisa é aplicada, devido ao fato de ser voltada para aplicabilidade na indústria da construção civil sugerindo melhorias nos processos de análise e redução de perdas em geral nos canteiros de obra. Com relação aos objetivos e procedimentos, a pesquisa é classificada como exploratória, pois busca familiarizar-se com o fenômeno em estudo e fornecer dados e análises para ampliação de pesquisas anteriores e subsequentes.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A metodologia para estudo para desenvolvimento do trabalho foi estruturada em 5 etapas apresentadas no fluxograma da Figura 1.

Figura 1 – Etapas de execução da pesquisa



Fonte: Autoria Própria.

Na Etapa 1, o foco foi a fundamentação teórica, essencial para o entendimento do contexto e desenvolvimento do estudo, e esta englobou desde o estudo da classificação das perdas na indústria da construção, a definição de perdas por *making-do* e leitura de trabalhos desenvolvidos na proposição de diretrizes para minimizar as perdas.

Na Etapa 2, o foco foi o tratamento do banco de dados de perdas por *making-do*, coletado a partir de 27 empreendimentos distintos. Utilizou-se o banco de dados analisado por Amaral et al. (2022) e o levantamento realizado pelo mesmo grupo de pesquisa em 2022. O banco de dados contém informações sobre 7.448 perdas por *making-do*, que foram classificadas com base na equipe da obra envolvida, pré-requisitos, categoria e impacto.

As perdas levantadas nos empreendimentos pelo grupo de pesquisa englobam diversos processos, equipes e etapas, que envolveram alguns instrumentos de pesquisa como: questionários para caracterização das empresas e canteiros de obras e caracterização dos empreendimentos; questionários para investigar o processo de planejamento, entrevistas semiestruturadas realizadas com gerentes de produção, integrantes, diretores; com também, análise documental (fotos, desenhos, rascunhos, notas e documentos) e ferramentas de inspeção Web e móvel (AMARAL et al., 2019; AMARAL et al., 2022).

Após a análise detalhada das etapas, subetapas e categorias envolvidas nas perdas por *making-do*, foi possível identificar a recorrência de problemas similares em diferentes condições. Essa análise revelou que certos problemas se repetiam em diversas obras, destacando a necessidade de um exame mais profundo das atividades realizadas e dos pré-requisitos ausentes que contribuíram para essas perdas. A investigação focou especialmente nas atividades que frequentemente levaram a perdas e nos pré-requisitos que, quando não atendidos, resultaram em situações de *making-do*.

Visto etapa, subetapas, e categoria envolvida na perda, foi possível elencar repetições dos mesmos problemas nas diferentes obras. Desse modo, foi dado destaque para análise da atividade e pré-requisito ausente para ocorrência da perda. Como resultado, obteve-se uma amostra de 420 perdas, em condições de etapa, subetapas e pré-requisitos distintos, de 19 empreendimentos de 15 empresas.

A caracterização das empresas participantes está detalhada no Quadro 3, que lista as empresas identificadas pelas letras de “A” a “O”. Já no Quadro 4, são apresentadas as características dos empreendimentos, onde o código da obra corresponde à letra de identificação da empresa à qual o projeto pertence. As informações sobre as empresas e obras de “A” a “K” foram extraídas do banco de dados analisado por Amaral et al. (2022). As informações referentes às empresas de “L” a “O” foram obtidas no levantamento realizado pelo grupo de pesquisa no ano de 2022.

Quadro 3 – Caracterização das empresas

Empresa	Cidade	Tempo de atuação no mercado	Certificações	Porte da empresa
A	Goiânia -GO	15 anos	-	Médio porte
B	Goiânia -GO	40 anos	PBQPh-A	Grande Porte
C	Goiânia -GO	29 anos	ISO 9001:2015	Grande Porte
D	Goiânia -GO	24 anos	ISO 9001:2008 e PBQPH-A	Grande porte
E	Fortaleza-CE	39 anos	ISO 9001:2015 e PBQPH-A	Grande porte
F	Fortaleza-CE	40 anos	-	Grande porte
G	Goiânia -GO	24 anos	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, OHSAS 18001:2007 e PBQPH-A	Grande porte
H	Goiânia -GO	22 anos	ISO 9001:2008 e PBQPH-A	Grande porte
I	Goiânia -GO	35 anos	ISO 9001:2015	Grande porte
J	Tournefeuille - França	20 anos	Associação Francesa de Normalização AFNOR ABNT ISO 9001: 2015 E AFNOR ISO:14001	Médio porte
K	Goiânia -GO	19 anos	PBQPH-A	Grande porte
L	Fortaleza-CE	14 anos	-	Grande porte
M	Fortaleza-CE	54 anos	-	Grande porte
N	Fortaleza-CE	15 anos	PBQPH-A	Grande porte
O	Fortaleza-CE	-	-	Grande porte

Fonte: Adaptado de AMARAL *et al.*, 2022.

Quadro 4 – Caracterização das obras

Obra	Tipologia do empreendimento	Torres	Qtde de pavimentos	(m ²) em execução no período do levantamento
A - E1	Sobrado Residencial Alto Padrão	1	1	432,00
B - E1	Edificação multifamiliar de Alto Padrão	1	34	31.128,20
C - E1	Edificação multifamiliar de Alto Padrão	1	36	30.221,85
D - E1	Edifício residencial de médio padrão	1	27	31.698,24
E - E1	Edificação multifamiliar de Alto Padrão	1	28	12.706,83
F - E1	Edificação multifamiliar de Alto Padrão	1	38	26.341,54
G - E1	Edifício residencial de médio padrão	1	28	47.789,71
G - E2	Condomínio Residencial Alto Padrão	1	1	16.000,00
H - E1	Edifício residencial de médio padrão	1	27	20.853,13
H - E2	Edifício hoteleiro/ residencial	1	28	19.572,45
I - E1	Edifício residencial de médio padrão	1	28	27.169,88
J - E1	Edifício residencial de médio padrão	1	29	29.279,84
K - E1	Obra de <i>retrofit</i>	1	1	23.219,83
L - E1	Edifício residencial de médio padrão	3	20	43.044,63
M-E1	Condomínio Residencial Vertical Alto Padrão	2	15	2.860,00
M-E2	Edifício residencial Vertical Alto Padrão	1	19	2.390,00
M-E3	Edifício residencial Vertical Alto Padrão	1	30	2.480,00
N-E1	Edifício residencial de médio padrão	3	7	12.200,00
O-E1	Edifício residencial Vertical Alto Padrão	1	23	2.420,00

Fonte: Adaptado de AMARAL *et al.*, 2022.

As Etapas 3, 4 e 5 envolveram a formulação, validação e aplicação das diretrizes propostas. Estas etapas foram divididas nas seguintes subetapas:

1. **Proposição das Diretrizes:** Com base nos resultados consolidados das etapas anteriores, foram formuladas diretrizes destinadas a minimizar as perdas por *making-do*. Estas diretrizes foram estruturadas para abordar diretamente as causas identificadas e proporcionar soluções práticas.
2. **Validação com Especialista:** As diretrizes foram inicialmente submetidas a uma especialista em gestão de produção para validação. A especialista revisou as diretrizes,

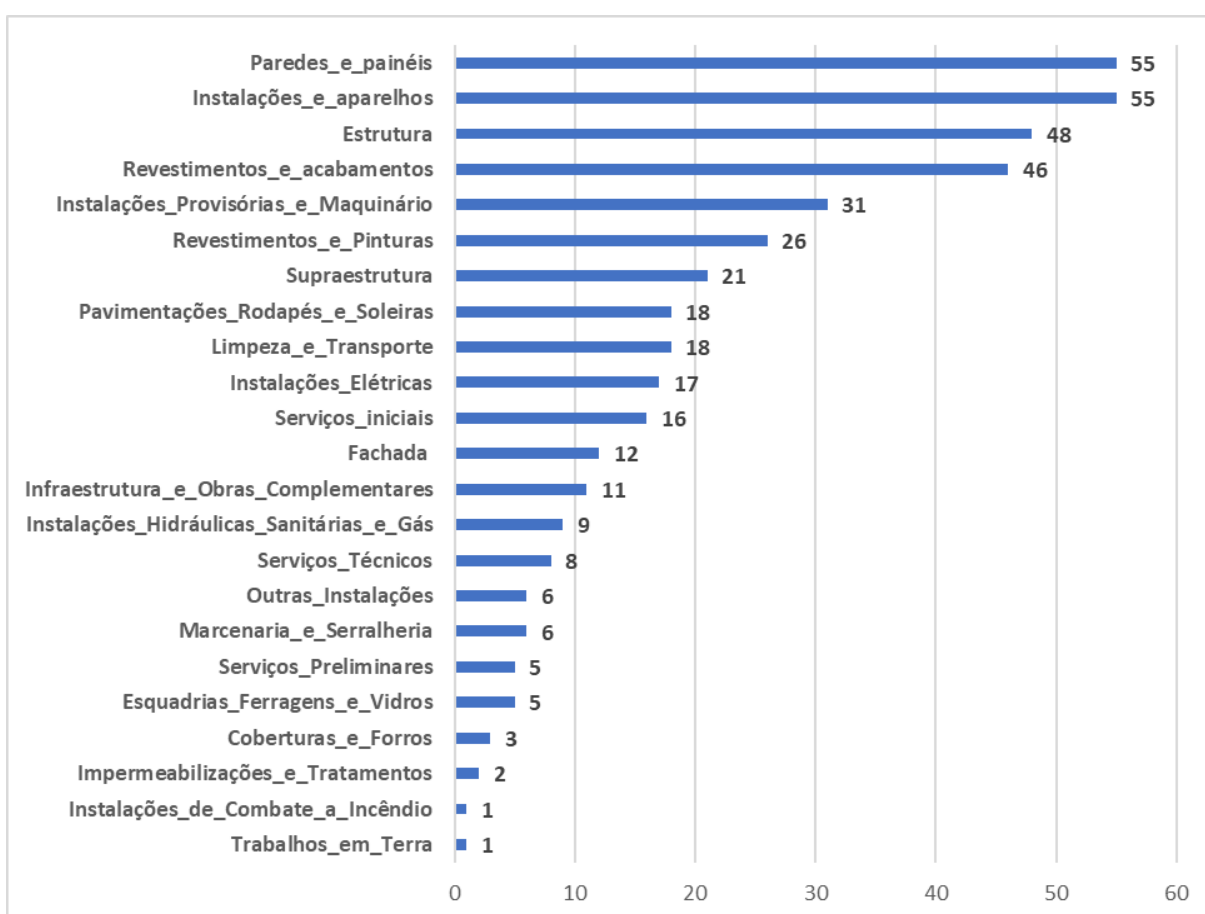
sugeriu melhorias e esclareceu dúvidas, contribuindo para o aprimoramento das diretrizes.

3. **Validação pelo Grupo de Pesquisa:** Após as melhorias sugeridas pela especialista, as diretrizes foram apresentadas a um grupo de pesquisa responsável pela coleta e classificação das perdas. Quatro membros do grupo participaram de uma reunião formal para validar as diretrizes. Este grupo forneceu feedback adicional e propôs ajustes que foram incorporados, resultando na validação final das diretrizes.
4. **Aplicação das Diretrizes:** A fase final envolveu a aplicação das diretrizes propostas ao ciclo da indústria da construção civil. Foi desenvolvido um fluxo de trabalho sugerido para a gestão da produção nos canteiros de obras, visando implementar as diretrizes de maneira prática e eficaz. Esta aplicação prática permitirá a avaliação contínua da eficácia das diretrizes e a possibilidade de ajustes baseados na experiência real.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise das 420 perdas por *making-do* foi possível verificar as etapas de obras com maiores ocorrências. Na Figura 2 são apresentadas as etapas e número de perdas levantadas.

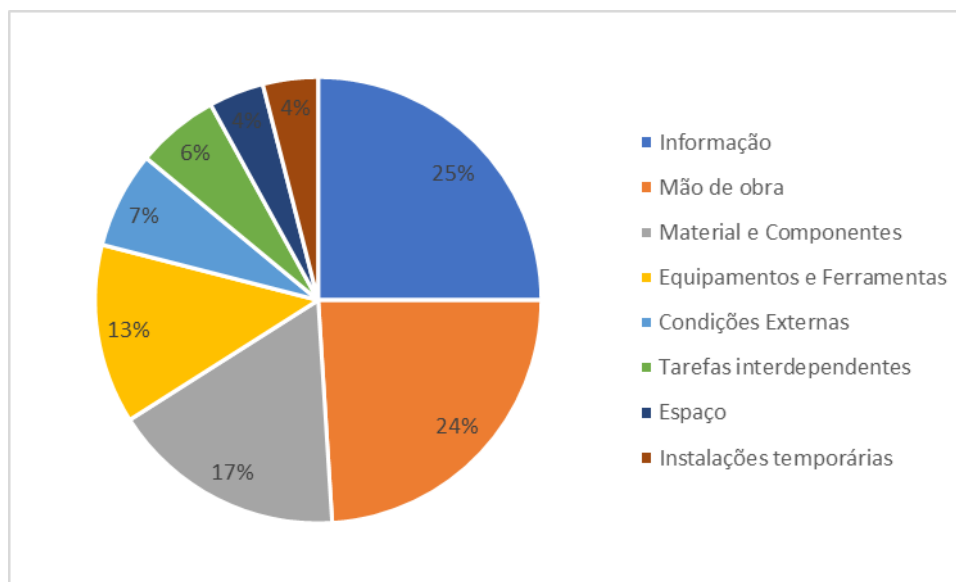
Figura 2 – Perdas por *making-do* analisadas por etapa da atividade



Fonte: Autoria Própria.

A partir da abordagem proposta na caracterização do perfil de amostragem, foi verificado o pré-requisito ausente responsável pela ocorrência de cada perda. Na Figura 3 são apresentados os pré-requisitos dos dados estudados para proposição das diretrizes.

Figura 3 – Ocorrência dos pré-requisitos ausentes das perdas por *making-do*.



Fonte: Autoria Própria.

Na etapa de proposição de diretrizes foram avaliadas todas as informações fornecidas acerca da ocorrência da perda, e dessa forma propostas uma ou mais diretrizes capazes de evitar a ocorrência da perda. No total foram elaboradas 47 diretrizes (Anexo 1) que foram aplicadas as 420 perdas, resultando em 916 proposições no banco de dados. No Quadro 6, são apresentadas cinco diretrizes com maiores ocorrências.

Quadro 6 – Diretrizes com maior número de ocorrência nas perdas analisadas

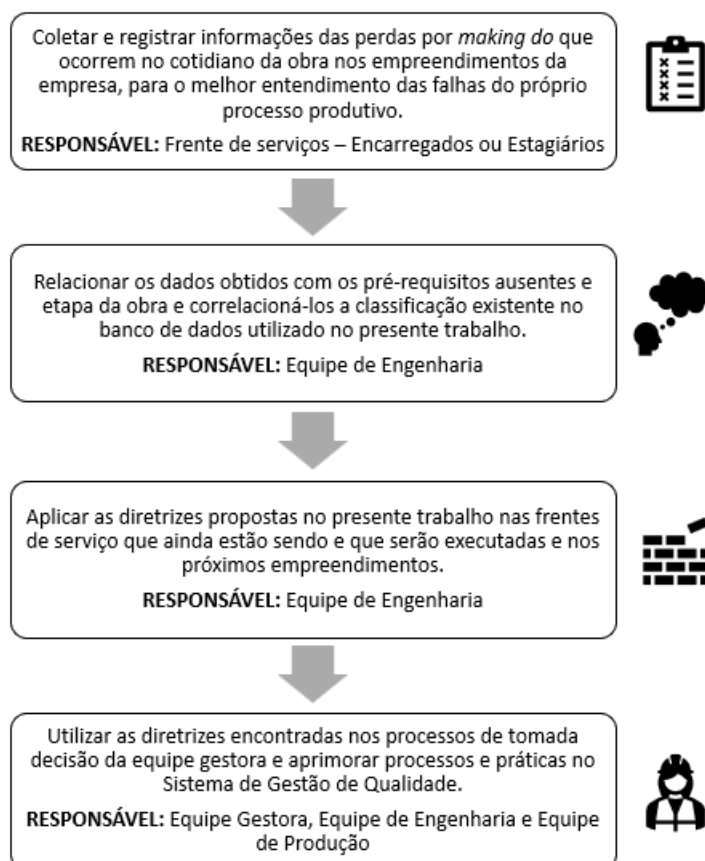
Diretriz Proposta	Número de ocorrências
Realizar verificação e inspeção das Fichas de Verificação de Serviço (FVS) antes, durante e após a execução do serviço	203
Realizar treinamentos periódicos da mão de obra (mensal ou bimestral) de acordo com as maiores necessidades e falhas de execução	124
Certificar-se de que a versão mais atualizada e corrigida do projeto esteja no local e que contenha todas as informações necessárias para a realização do serviço antes de iniciar sua execução.	82
Realizar proteção adequada de itens definitivos e serviços acabados	44

Fonte: Autoria Própria.

Como sugestão para a aplicação das diretrizes propostas, a Figura 5 apresenta essas diretrizes

em forma de um fluxo de trabalho, ou seja, um conjunto de ações que facilitarão a sua utilização. Essa metodologia envolve profissionais das frentes de serviço até a equipe gestora, o que pode, além de servir como um mecanismo de mitigação das causas do *making-do*, contribuir para a formação de uma mentalidade preventiva e racionalizada que permeie todos os níveis hierárquicos das empresas.

Figura 4 – *Workflow* da proposição de metodologia para aplicação das diretrizes elaboradas no presente trabalho



Fonte: Autoria Própria.

Para um gerenciamento mais avançado das perdas por *making-do*, trabalhos futuros também poderão ocupar-se em traçar diretrizes com objetivos ampliados, como mostra o Quadro 6. Uma vez que as diretrizes elaboradas no presente trabalho têm o objetivo de evitar o surgimento de situações que culminem em perdas por *making-do*, podemos classificá-las, seguindo a proposição do Quadro 6, de Diretrizes para Prevenir Causa, ou DPC's. Entretanto, no atual cenário da indústria da construção e do sistema de produção, torna-se inevitável prever e evitar o acontecimento de 100% de perdas passíveis de ocorrer.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho propôs-se a traçar uma metodologia capaz de evitar a ocorrência de perdas por *making-do* por meio da detecção e mitigação. Com base em perdas reais coletadas em

diversos canteiros de obras, foram traçadas diretrizes que, quando aplicadas, podem se tornar uma ferramenta estratégica. Esta ferramenta consiste em um conjunto de práticas e procedimentos que auxiliam na gestão de produção, visando a reduzir desperdícios e otimizar recursos. Aliada a uma gestão de produção cada vez mais livre de perdas e desperdícios, essas diretrizes representam uma abordagem integrada para melhorar a eficiência e a eficácia nas operações de construção.

Foram elaboradas diretrizes para 420 perdas que ocorreram nas mais diversas etapas da obra, e classificadas com os mais diversos pré-requisitos ausentes, categorias e impactos. Como observado na Figura 3, 105 (25%) das perdas com diretrizes elaboradas se referem a perdas cujo pré-requisito faltante foi Informação. A interpretação desses dados mostra a importância de que não só a equipe gestora, mas que principalmente a equipe de obra tenha acesso a todas as informações necessárias para a execução de cada serviço, para que sejam evitados retrabalho, redução da produtividade ou falta de terminalidade nas tarefas, além de desmotivação e outros impactos negativos (SOMMER, 2010; FIREMAN, 2012).

A diretriz com o maior número de ocorrências foi “Realizar verificação e inspeção a partir da FVS antes, durante e após a execução do serviço”, o que mostra o alcance que esta ação pode ter, uma vez que a existência de um Sistema de Gestão da Qualidade eficaz, o que inclui a aplicação assertiva das Fichas de Verificação de Serviço (FVS), permeia todas as etapas da obra, e é capaz de eliminar uma grande quantidade de desperdícios e perdas.

Também pode-se observar através da Figura 2 que 55 (13%) das perdas para as quais foram elaboradas diretrizes se referem a perdas que ocorreram na etapa de Paredes e Painéis, o que também destaca a importância de avaliação e aplicação de diretrizes nessa etapa da obra, que podem contribuir com a redução de ineficiências, perdas ou desperdícios durante essa etapa.

Por fim, foi possível propor uma metodologia aplicada ao cotidiano da Construção Civil com base nas diretrizes propostas e validadas com uma especialista na área e posteriormente com integrantes do grupo de pesquisa responsável pelo levantamento do banco de dados utilizado no presente trabalho. Tal metodologia proposta se baseia em 4 etapas: coletar informações sobre as perdas, classificá-las e correlacioná-las aos dados do presente trabalho, aplicar as diretrizes encontradas e tomar decisões acerca da ocorrência deste determinado tipo de perda com relação a ações futuras e melhorias do Sistema de Gestão da Qualidade.

Ao analisar as diretrizes por etapa, trabalhos futuros poderão propor melhorias nos Procedimentos de Execução de Serviço, as PES, incluindo as Fichas de Verificação de Serviço, com base nestas diretrizes. Desse modo, seguidas as diretrizes propostas e implantadas aos Procedimentos de Execução de Serviço, tais terão melhores condições de antecipar e assim evitar que ocorram perdas por improvisação no canteiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, T. G. do; BRANDÃO, C. M.; ELIAS, K. V.; BRAGA, P. B. **Identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras**. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Goiânia, v. 15, n. 1, p. 245–260. DOI: 10.5216/reec.v15i1.54562. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/54562>. 2019.

AMARAL, T. G. do; MENDES, M. A. P.; ALVARENGA, N. de P. L. de; **Diretrizes para minimização de perdas por *making-do***. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E

ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Maceió. Anais[...] Porto Alegre: ANTAC, 2021. p.1-8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/424>. 2021.

AMARAL, T. G. A., BRAGA, P. B. D, VIEIRA, S.V, & BARROS NETO, J. P. **Relations Between Preconditions, Categories and Impacts of *making-do* Wastes**. Proceedings of the 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC30), 1111-1122. doi.org/10.24928/2022/0219. 2022.

ASLAM, M., GAO, Z., SMITH, G. **Exploring factors for implementing lean construction for rapid initial successes in construction**. Journal of Cleaner Production, Volume 277, 2020, 123295, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123295>. 2020.

AZIZ, R. F., HAFEZ, S. M. **Applying lean thinking in construction and performance improvement**. Alexandria Engineering Journal. Volume 52, Issue 4. Pages 679-695, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>. 2013.

BRAGA, P. B. **Análise de perdas por *making-do* por meio de planilhas dinâmicas**. Goiânia, 2018. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

FIREMAN, M. C. T. **Proposta de Método de Controle Integrado Produção e Qualidade, Com Ênfase na Medição de Perdas Por *Making-do* e Retrabalho**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FREITAS, J. V.; CORREIA, B. **Contextualização dos princípios da construção enxuta: aplicação da filosofia enxuta do sistema toyota de produção na indústria da construção civil em exemplos práticos**. Engenharia Civil. 2018.

HUSSIN, J., ABDUL R. I., MEMON, A. **The way forward in sustainable construction: issues and challenges**. International Journal of Advances in Applied Sciences (IJAAS). 2. 31-42. 10.11591/ijaas.v2i1.1321. 2013

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Technical Report n°. 72. Center for Integrated Facility Engineering. Stanford University, 1992.

KOSKELA, L. **An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction**. Thesis (Ph.D) –Technical Research Centre of Finland, Espoo, 2000.

KOSKELA, L. ***Making-do* – The Eighth Category of Waste**. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12, 2004.

MACIEL, C. C. M., CAVALCANTE, G. O., EPIFÂNIO M. **Protocolo de identificação e análise de perdas por *making-do***. Goiânia, 2020. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

OHNO, T. **Toyota Production System: Beyond large-scale production**. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press. 1988.

SANTOS, A., FORMOSO, C. T., ISATTO, E., LANTELEM, E. **Método de intervenção para redução de perdas na construção civil: manual de utilização**. Porto Alegre, SEBRAE/RS. 1996.

SANTOS, D.G. **Modelo de gestão de processos na construção civil para identificação de atividades facilitadoras**. Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SANTOS, P. R. R.; SANTOS, D. DE G. **Investigação de perdas devido ao trabalho inacabado e o seu impacto no tempo de ciclo dos processos construtivos**. Ambiente Construído, v. 17, n. 2, p. 39–52. 2017.

SMALL, E. P.; AL HAMOURI, K.; AL HAMOURI, H. **Examination of Opportunities for Integration of Lean Principles in Construction in Dubai**. Procedia Engineering, v. 196, p. 616–621. 2017.

SOMMER, L. **Contribuições para um método de identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras**. Porto Alegre, 2010. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

YÜCENUR, G. N., KAAAN Ş. **Sequential SWARA and fuzzy VIKOR methods in elimination of waste and creation of lean construction processes**. Journal of Building Engineering, Volume 44, 2021,103196. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103196>. 2021.

APÊNDICE

Apêndice 1 – Tabela com exemplos de diretrizes elaboradas para cada etapa de obra.

ETAPAS	DIRETRIZES SUGERIDAS	ETAPAS	DIRETRIZES SUGERIDAS
Paredes e Painéis	Treinamento da mão de obra sobre esquadro, prumo e níveis e caimentos, suas verificações, tolerâncias e limites	Serviços Técnicos	Realizar planejamento alternativo para casos críticos de impedimento da execução dos serviços por condições imprevistas, listando empresas e maquinários alternativos que poderiam atender a nova necessidade da obra.
Estrutura	Retroalimentar as tomadas de decisões acerca da execução pela obra. Essas informações devem ser repassadas aos projetistas responsáveis e registradas como <i>As Built</i>	Instalação de Aparelhos	Planejar procedimento executivo de serviço que otimize as tarefas e sequência executiva solicitada em projeto
Instalações e aparelhos	Realizar treinamento com os colaboradores sobre o uso de materiais dentro dos padrões de qualidade do procedimento de execução de serviço, bem como verificação por um profissional responsável durante a execução da atividade	Limpeza e Transporte	Realizar treinamento com os colaboradores e implantar procedimentos de término de serviço, limpeza e organização do local de trabalho
Revestimentos e acabamentos	Realizar proteção eficaz dos itens definitivos e serviços acabados	Marcenaria e Serralheria	Elaborar procedimento para operação de equipamentos e verificar informações de projeto e orientações conforme a NR18
Instalações provisórias e maquinários	Deve ser implantado o plano de manutenção dos equipamentos e checklist diário de segurança e critérios operação	Outras Instalações	Certificar-se de que houve a compatibilização e o <i>clash detection</i> de todas as disciplinas
Revestimentos e Pinturas	Aplicação da FVM por amostragem em todas as entregas;	Serviços Preliminares	Realizar treinamentos periódicos da mão-de-obra (mensal ou bimestralmente) de acordo com as maiores necessidades e falhas de execução, promovendo qualificação e gerando também valor social aos empreendimentos.

Supraestrutura	Certificar-se de realizar não o número mínimo, mas o número necessário de ensaios geotécnicos para o melhor conhecimento possível do solo	Esquadrias, Ferragens e Vidros	Certificar-se de que a versão mais atualizada e corrigida do projeto esteja na obra, e que esta esteja com todas as informações necessárias para a execução do serviço, antes de liberar o início de sua execução
Pavimentações, Rodapés e Soleiras	Acompanhar FVS, mapas de concretagem e ensaios de controle tecnológico	Coberturas e Forros	Realizar treinamento com os colaboradores sobre o uso de materiais dentro dos padrões de qualidade do procedimento de execução de serviço, bem como verificação por um profissional responsável durante a execução da atividade
Instalações elétricas	Implantação de EPCs e EPIs	Impermeabilizações e Tratamentos	Realizar verificação e inspeção a partir da FVS antes, durante e após a execução do serviço
Serviços iniciais	Elaborar checklist ou usar softwares para listar todos os documentos oficiais necessários da obra e relacioná-los a sua data de validade, período de renovação e revisões.	Instalações de Combate a Incêndio	Realizar inspeção antes do início das atividades, conferir o conforto e segurança do local trabalho e treinamentos para liberação da permissão de trabalho
Fachada	Planejamento de solicitação de materiais	Trabalhos em terra	Certificar-se de que a versão mais atualizada e corrigida do projeto esteja na obra, e que esta esteja com todas as informações necessárias para a execução do serviço, antes de liberar o início de sua execução.
Complementação da Obra	Inspecionar o local de trabalho para liberação do início das atividades, quando devem ser levantados os impactos da atividade na área de trabalho	Serviços Técnicos	Realizar planejamento alternativo para casos críticos de impedimento da execução dos serviços por condições imprevistas, listando empresas e maquinários alternativos que poderiam atender a nova necessidade da obra.
Infraestrutura e Obras Complementares	Realizar verificação e inspeção a partir da FVS antes, durante e após a execução do serviço	Instalação de Aparelhos	Planejar procedimento executivo de serviço que otimize as tarefas e sequência executiva solicitada em projeto

Instalações Hidráulicas, Sanitárias e Gás	Prever o posicionamento de todas as tubulações antes da concretagem de componentes	Limpeza e Transporte	Realizar treinamento com os colaboradores e implantar procedimentos de término de serviço, limpeza e organização do local de trabalho
---	--	----------------------	---

Fonte: Autoria própria.

CAPÍTULO 4

**MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO PARA MONITORAMENTO E SELEÇÃO
DE DIRETRIZES PARA REDUÇÃO DAS PERDAS POR *MAKING-DO***

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar um modelo de tomada de decisão multicritério, utilizando os métodos *Fuzzy-Delphi* e *TOPSIS*, para auxiliar gestores na seleção das diretrizes mais eficazes para a redução dos impactos causados pelas perdas por *making-do* em canteiros de obras. O trabalho aborda a problemática das perdas por *making-do* na construção civil e propõe um modelo de decisão multicritério para mitigar esses impactos. Utilizando os métodos *Fuzzy-Delphi* e *TOPSIS*, o estudo visa facilitar a escolha das diretrizes com maior potencial para reduzir os impactos gerados pela improvisação. A pesquisa destaca a importância de categorizar perdas e os impactos associados, baseando-se em estudos anteriores. Concluiu-se que a combinação desses métodos possibilitou uma avaliação detalhada de quais diretrizes propostas possuem maior potencial para reduzir os impactos gerados pelo *making-do*, fornecendo uma boa fundamentação para a escolha das melhores soluções.

Palavras-chave: Decisão multicritério, *Fuzzy-Delphi*, *TOPSIS*, *Making-do*, Impactos.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a indústria da construção enfrenta desafios significativos, como o atraso na entrega de projetos, a ocorrência de custos imprevistos e elevados, e a dificuldade na coordenação de processos e equipes. Esses problemas frequentemente resultam em retrabalho e baixa eficiência operacional, impactando a performance e a competitividade das empresas do setor (PEREIRA *et al.*, 2023). A mudança nas expectativas dos clientes e o declínio do período de expansão que a construção civil brasileira experimentou até a década de 2010 destacam a urgência de aprimorar continuamente os processos executivos, as etapas de planejamento e o controle da produção para assegurar a competitividade e a rentabilidade das empresas no cenário atual (GOMES; SILVA, 2022).

Em geral, destaca-se que a indústria da construção enfrenta um nível muito elevado de desperdícios e atividades que não agregam valor, com estudos demonstrando que essas perdas representam uma percentagem significativa dos custos de produção (AZIZ; HAFEZ, 2013). Além disso, as perdas na construção civil não se restringem apenas ao desperdício de recursos físicos, mas também podem ser compreendidas como qualquer forma de ineficiência que afete o uso de materiais, mão de obra e equipamentos em quantidades superiores às necessárias para a produção da edificação. Estudos recentes corroboram essa visão, evidenciando que a gestão inadequada de recursos e processos é um problema recorrente. Em particular, análises de Ferreira e Cardoso (2018) e Rocha *et al.* (2020) confirmam que a ineficiência operacional resulta em custos adicionais substanciais. Ademais, pesquisas conduzidas por Oliveira e Martins (2021) destacam a importância de implementar práticas de gerenciamento mais eficazes para mitigar essas perdas, enquanto estudos de Almeida *et al.* (2022) ressaltam a necessidade de uma abordagem integrada para melhorar a eficiência e reduzir desperdícios no setor da construção.

Diante desta realidade, tornar o setor da construção civil mais competitivo é um objetivo comum entre as comunidades acadêmicas e técnicas. E, para tanto, torna-se necessário aumentar os controles e desempenhos das atividades e processos realizados dentro do setor da construção civil, reduzir as perdas e reduzir os impactos ao meio ambiente (ADEWUYI, IDORO e IKPO, 2014; ANSAH, SOROOSHIAN e MUSTAFA, 2016).

Uma possível aplicação para melhorar o desempenho nos processos construtivos e ao mesmo tempo minimizar custos é a aplicação do sistema de produção enxuta (Yücenur; Kaan, 2021). Os princípios do Sistema Toyota de Produção, desenvolvido por Ohno (1988), podem ser considerados um grande precursor do *Lean Manufacturing*. Koskela (1992) propôs a aplicação de uma nova filosofia chamada *Lean Construction* aplicado ao setor da construção.

A filosofia da Construção Enxuta visa a eliminação de desperdícios e improvisações durante a produção para alcançar um produto com maior qualidade e menor custo (OLIVEIRA; SOARES, 2021). No mesmo contexto, as contribuições de Ohno (1988) foram ampliadas por pesquisadores contemporâneos, que identificaram e categorizaram os tipos de perdas na produção em várias categorias, como superprodução, tempo de espera, transporte, processamento, estoque, movimentação e fabricação de produtos defeituosos (JONES *et al.*, 2022).

Com base nessa definição, Koskela (2004) sugeriu a existência de uma oitava perda, característica da construção, denominada *making-do*, que decorre de situações em que uma determinada atividade é iniciada ou dá prosseguimento sem que todos os recursos necessários para a sua execução estejam disponíveis (FORMOSO *et al.*, 2017).

Os estudos de Koskela (2000), Sommer (2010) e Fireman (2012) identificaram parâmetros de classificação para o estudo das perdas por *making-do*: os pré-requisitos, as categorias e os impactos das perdas. Koskela (2000) definiu pré-condições necessárias para o início e o desenvolvimento de uma tarefa, no qual a falha na identificação prévia ou na disponibilização de algum destes pré-requisitos causam as perdas por improvisação. As categorias são um conjunto de situações a que a perda diretamente se refere, e são resultado da identificação de Sommer (2010) e Fireman (2012). Quanto aos impactos, foram identificados inicialmente por Koskela (2004), seguido por Sommer (2010) e por Fireman (2012), somando-se sete impactos ao todo. O Quadro 1 apresenta os pré-requisitos, categorias e impactos mencionados.

Quadro 1 – Parâmetros para a classificação de perdas por *making-do*.

Pré-requisitos	Categorias	Impactos
Informação	Acesso / mobilidade	Retrabalho
Materiais e componentes	Ajustes de componentes	Redução da qualidade
Mão de obra	Área de trabalho	Diminuição da produtividade
Equipamentos / Ferramentas	Armazenamento	Perda de material
Espaço	Equipamentos / Ferramentas	Falta de terminalidade
Serviços interdependentes	Instalações provisórias	Redução da segurança
Condições externas	Proteção/Segurança	Desmotivação
Instalações (infraestrutura do espaço do trabalho)	Sequenciamento	

Fonte: Adaptado dos autores Koskela (2004), Sommer (2010), Fireman (2012).

Amaral *et al.* (2019, 2021, 2022, 2023, 2024) realizaram estudos sobre perdas por *making-do* conjuntamente com um grupo de pesquisa composto por estudantes e especialistas da área de

gestão e, em seu trabalho publicado em 2022, intitulado “*Relations Between Preconditions, Categories and Impacts of making-do Wastes*” (Amaral *et al.*, 2022), apresentaram uma análise detalhada das relações entre os pré-requisitos, categorias e impactos dos desperdícios por *making-do*. O estudo incluiu um banco de dados com 156.762 não conformidades relacionadas à produção levantadas em canteiros de obras de sete empresas Incorporadoras e Construtoras Cearenses e Goianas. Desse número, foram analisadas 8.842 não conformidades que, em seguida, foram caracterizadas segundo os parâmetros de classificação das perdas por *making-do*, gerando um total de 6.339 ocorrências de dados de perdas por *making-do* em empreendimentos residenciais multifamiliares. Segundo Amaral *et al.* (2022), foi necessário analisar individualmente cada não conformidade fornecida pelas empresas para classificação dos dados, que posteriormente foram tabulados nos *softwares Microsoft Excel® e PowerBi®*.

Segundo Koskela (2004), dentre as consequências das perdas por *making-do* destacam-se, principalmente, a redução da produtividade, perdas de materiais, diminuição da segurança e da motivação do trabalhador, redução de qualidade e retrabalho. A investigação dos diferentes tipos de perdas e seu impacto no tempo de ciclo dos processos construtivos também foi estudada por outros autores, tais como Sommer (2010) e Fireman (2012). De acordo com Amaral *et al.* (2023), retrabalho (41,63%), falta de terminalidade (33,27%) e desperdício de materiais (11,50%) representam os principais impactos relacionados às perdas por *making-do*.

Segundo os autores, apenas o levantamento de perdas por *making-do* não fornece informações suficientes para que o gestor evite completamente que estas perdas ocorram em seu próximo empreendimento ou tarefa. Para facilitar o *feedback* ao gestor, a análise direcionada dos impactos também é importante, pois permite que o gestor priorize as correções necessárias em direção a uma obra mais eficiente possível (AMARAL *et al.*, 2023).

Após a análise das ocorrências de perdas associadas ao conceito de *making-do*, identificou-se a necessidade de uma abordagem priorizada por parte da gestão. Em vez de alocar esforços para corrigir todas as intercorrências identificadas no canteiro de obras, o gestor deve concentrar energia, recursos e esforços nas etapas que apresentam o maior impacto. Dessa forma, é possível otimizar os resultados focando nas áreas mais críticas da obra relacionadas ao *making-do*.

A mera avaliação dos impactos causados pelas perdas por *making-do* não é suficiente para que um gestor previna tais problemas em seu canteiro de obras. No entanto, permite uma análise de informação mais abrangente e interativa para mitigar estes diferentes tipos de perdas. A conclusão é que, em vez de direcionar esforços para retificar todas as perdas identificadas no local, os gestores poderiam otimizar recursos concentrando-se nas etapas, equipes e processos com impactos em custos ou atrasos estabelecidos em projeto mais significativos (AMARAL *et al.*, 2023).

AMARAL *et al.* (2024) apresentaram em seu trabalho diretrizes capazes de prevenir a ocorrência de perdas por *making-do* e que, quando aplicada, podem se tornar uma ferramenta estratégica quando aliada a uma boa gestão para evitar esse tipo de perda. No total, a título de determinação de método de implementação foram apresentadas 47 diretrizes. Na Tabela 1 delineiam-se as 04 diretrizes com maior número de ocorrências após classificação dentro do banco de dados já tabulado por Amaral *et al.* (2023), no qual foi analisada individualmente cada caracterização da não conformidade para posteriormente apontar as diretrizes que evitariam a ocorrência da perda.

Tabela 1 – Diretrizes com maior número de ocorrências nos diferentes tipos de perdas analisadas.

Identificação	Diretriz Proposta	Número de ocorrências
Diretriz 1 / A1	Realizar verificação e inspeção da FVS antes, durante e após a execução do serviço	203
Diretriz 2 / A2	Realizar treinamentos periódicos da mão de obra (mensal ou bimestral) de acordo com as maiores necessidades e falhas de execução, promovendo qualificação e gerando valor social para os empreendimentos	124
Diretriz 3 / A3	Certificar-se de que a versão mais atualizada e corrigida do projeto esteja no local e que contenha todas as informações necessárias para a realização do serviço antes de iniciar sua execução.	82
Diretriz 4 / A4	Realizar proteção adequada de itens definitivos e serviços acabados	44

Fonte: adaptado de Amaral *et al.* (2024).

Decisões multicritério desempenham um papel importante na resolução de problemas complexos onde múltiplos fatores devem ser considerados simultaneamente. Em particular, para o estudo proposto, que objetiva auxiliar os gestores na escolha de diretrizes para reduzir os impactos das perdas por *making-do*, a aplicação de métodos de decisão multicritério (MCDM) pode oferecer uma abordagem estruturada e coerente. Esses métodos permitem avaliar diferentes alternativas baseadas em múltiplos critérios, o que é essencial quando se busca otimizar a eficiência e eficácia das medidas corretivas. Ao utilizar um método MCDM, o gestor pode pesar cada critério relevante e obter uma classificação geral das alternativas disponíveis e mais eficazes, facilitando a identificação das diretrizes mais promissoras para a mitigação das perdas.

A necessidade de um método que integre vários critérios na decisão é bem documentada na literatura acadêmica. Segundo Clemen e Reilly (2001), a tomada de decisões frequentemente envolve a gestão de objetivos diversos e conflitantes, o que complica a escolha da melhor alternativa. Goodwin e Wright (1991) também destacam que não existe uma estratégia única que possa satisfazer todos os objetivos simultaneamente, tornando essencial a utilização de métodos que avaliem as alternativas de forma abrangente e ponderada. O uso de MCDM permitirá que o gestor analise detalhadamente as alternativas propostas, proporcionando uma seleção mais precisa das diretrizes ideais para os impactos mais recorrentes e garantindo uma abordagem mais eficaz na mitigação das perdas.

A partir do contexto apresentado, este artigo propõe um modelo de tomada de decisão multicritério utilizando os métodos *Fuzzy-Delphi* e *TOPSIS* para ajudar os gestores na seleção das diretrizes mais eficazes para redução dos impactos gerados pelas perdas por *making-do*. O método *Fuzzy-Delphi*, que combina técnicas de análise de consenso com a *Lógica Fuzzy*, será utilizado para capturar e agregar a opinião de especialistas sobre os critérios (impactos) e alternativas (diretrizes) disponíveis. De acordo com Okoli e Pawlowski (2004), o *Fuzzy-Delphi* facilita a coleta e a integração de conhecimentos subjetivos de especialistas, suavizando as

incertezas associadas às suas avaliações e permitindo uma melhor definição dos critérios de decisão.

Atualmente, não existem estudos publicados que integrem uma abordagem estruturada para a seleção de diretrizes com base em múltiplos critérios conjuntamente a métodos estabelecidos para guiar a tomada de decisão nessa área específica. Este modelo visa preencher essa lacuna, fornecendo uma ferramenta fundamentada para otimizar a alocação de recursos e esforços na mitigação das perdas mais significativas.

Além disso, ao aplicar o *Fuzzy-Delphi* para agregar opiniões de especialistas e o *TOPSIS* para classificar as alternativas de diretrizes com base na proximidade de uma solução ideal, o modelo superou as limitações dos métodos tradicionais, que frequentemente não conseguem considerar de maneira adequada a complexidade e a natureza multifacetada das perdas por *making-do*. Como diferenciação de resultados, a conclusão do estudo forneceu *insights* gerenciais sobre a aplicabilidade e os benefícios do modelo proposto, além de sugerir direções para futuras pesquisas na área.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Método *Fuzzy-Delphi*

O método *Fuzzy-Delphi* (FDM) foi introduzido por Linstone e Turoff (1975) e posteriormente ampliado por Kaufmann e Gupta (1988) e Ishikawa *et al.* (1993). O FDM é descrito como uma técnica formal de comunicação, inicialmente desenvolvida para ser um processo metódico, iterativo e preditivo, com base na contribuição de um painel de especialistas. (LINSTONE; TUROFF, 1975).

Segundo Hwang e Lin (1987), a utilização do Método *Fuzzy-Delphi* para a tomada de decisões em grupo pode ajudar a lidar com a incerteza gerada pelo consenso entre especialistas. Este método se baseia nas previsões dos especialistas ou em valores de intervalo para produzir números difusos, proporcionando assim uma abordagem mais sólida para o processo de decisão.

A adoção do FDM se justifica por combinar a teoria dos conjuntos difusos com a metodologia Delphi (ISHIKAWA *et al.*, 1993). O FDM é uma técnica voltada para a coleta de opiniões especializadas, que envolve três elementos principais: anonimato nas respostas, iteração com feedback controlado e, finalmente, uma resposta estatística do grupo. Segundo Zadeh (1965), a teoria dos conjuntos difusos aborda a incerteza associada ao pensamento e ao comportamento humano no processo de decisão.

2.2 Método TOPSIS

O *TOPSIS*, como descrito por Hwang e Yoon (1981), é um método que classifica e rankeia alternativas com base na proximidade das soluções em relação a um ideal teórico, equilibrando a distância das alternativas à solução ideal positiva e à solução ideal negativa. Esta abordagem proporcionará uma avaliação objetiva das alternativas, permitindo a identificação das diretrizes mais eficazes para mitigar os impactos das perdas.

O método *TOPSIS*, conforme citado por Chen e Hwang (1992), tem sido amplamente aplicado para ranquear alternativas com base em uma escala de preferência. O objetivo principal do *TOPSIS* é selecionar uma alternativa que seja a mais próxima da solução ideal positiva e, ao mesmo tempo, a mais distante da solução ideal negativa. A solução ideal é definida pelos melhores valores obtidos pelas alternativas em relação a cada critério de decisão, enquanto a solução ideal negativa é composta pelos piores valores alcançados (ZHANG, 2010).

3. OBJETIVO

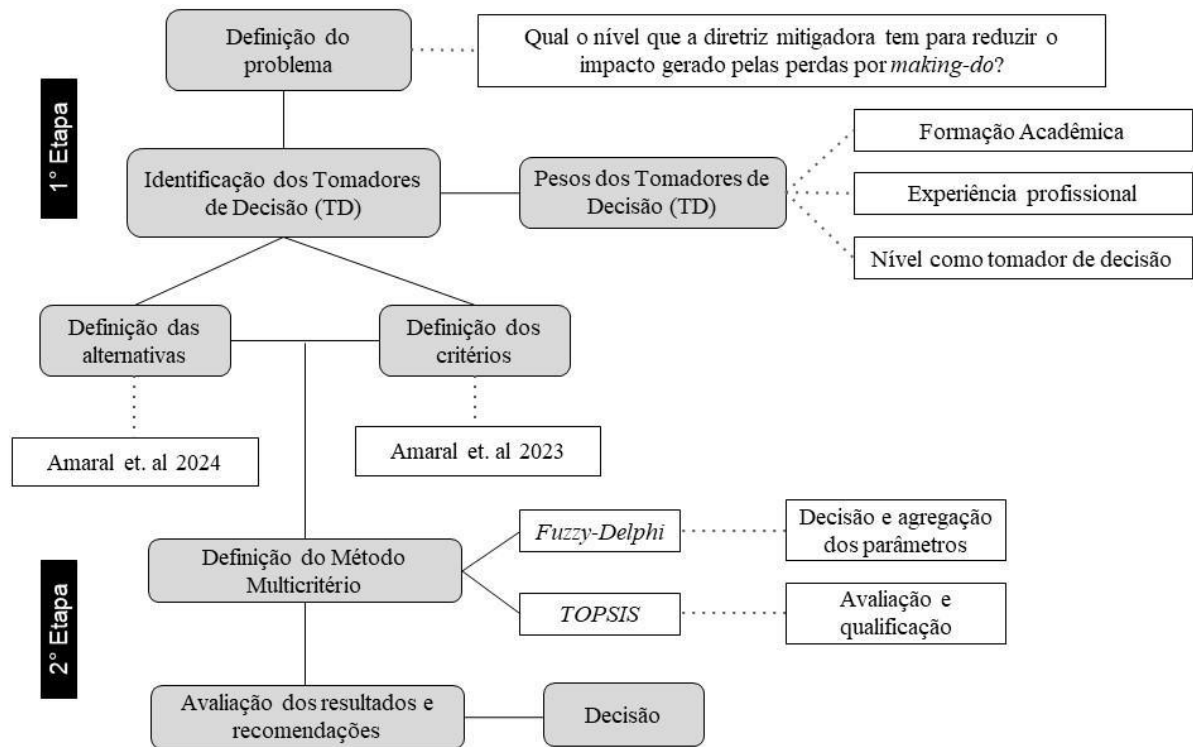
O objetivo deste artigo é desenvolver e propor um modelo de tomada de decisão multicritério, utilizando os métodos *Fuzzy-Delphi* e *TOPSIS*, para auxiliar gestores na seleção das diretrizes mais eficazes para a redução dos impactos causados pelas perdas por *making-do* em canteiros de obras.

4. MÉTODO

Para alcançar o objetivo proposto, foi desenvolvido um modelo de tomada de decisão multicritério combinando os métodos *Fuzzy-Delphi* e *TOPSIS*. A metodologia proposta visa a identificação e a priorização das diretrizes mais eficazes para reduzir os impactos das perdas por *making-do* nos canteiros de obras, com base em critérios previamente estabelecidos.

Os métodos de decisão que consideram o uso de mais de um critério para avaliação de uma ou mais alternativas são definidos como métodos de decisão multicritério (ROY, 1996; ALMEIDA, 2013). Este processo metodológico alinha-se ao *framework* de apoio à decisão proposto por Moraes e Almeida (2006), que utiliza uma abordagem multicritério para a escolha de alternativas ótimas em cenários complexos. A Figura 1 apresenta uma adaptação do fluxograma proposto adequando cada etapa ao problema.

Figura 1 – Fluxograma dos passos no processo de tomada de decisão.



Fonte: adaptado de Moraes e Almeida (2006).

O fluxograma descreve um processo de tomada de decisão dividido nos seguintes passos:

1. **Definição do Problema:** de acordo com Briozo e Musetti (2015), a definição do problema é o primeiro passo no processo decisório para a aplicação de um método multicritério. A sugestão das diretrizes mais eficazes para reduzir os impactos causados pelo *making-do* ainda é um tema pouco abordado na literatura, principalmente porque carece de estudos que integrem uma abordagem estruturada para a seleção dessas diretrizes com base em múltiplos critérios de escolha, e que utilizem métodos pré-estabelecidos para guiar a tomada de decisão do gestor.
2. **Identificação dos Tomadores de Decisão (TD):** de acordo com Saltana, Ahmed e Azeem (2015), diferentes indivíduos envolvidos no processo de tomada de decisão utilizam critérios de avaliação variados, resultando na atribuição de diferentes pesos a esses critérios. Dessa forma, os pesos atribuídos pelos próprios tomadores de decisão desempenham um papel importante na classificação, considerando fatores como formação educacional e experiências. A partir desse contexto, os Tomadores de Decisão (TD) foram avaliados com base em sua formação acadêmica, experiência profissional e poder de decisão dentro do ambiente de trabalho. As avaliações foram agregadas utilizando a média de cada termo linguístico empregado. A classificação partiu de uma escala de variável linguística (Baixo, Médio, Alto, Muito Alto). Como essa informação é de natureza subjetiva, cada variável linguística foi representada por um número triangular *Fuzzy*, como mostrado Tabela 2 e baseado na escala linguística de importância conforme apresentado na Figura 2. Esses conceitos são corroborados por estudos que destacam a importância da formação e experiência dos tomadores de decisão no

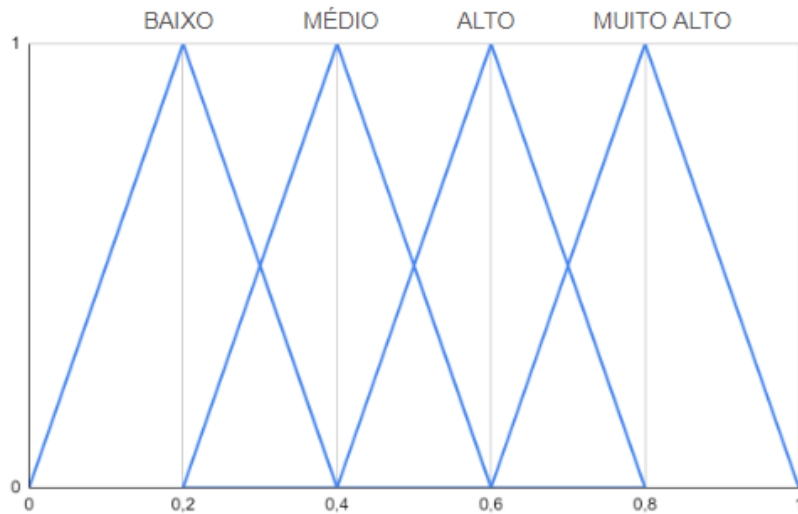
processo decisório, bem como a utilização de modelos de decisão que consideram informações subjetivas e contextuais.

Tabela 2 – Caracterização dos tomadores de decisão.

Formação	Experiência profissional	Nível de decisão	Variável linguística	l	m	u	Número triangular <i>Fuzzy</i>
Estudante	0-<5 anos	N/A	Baixo	0	0,2	0,4	0 , 0,2 , 0,4
Superior completo	5-10<10 anos	Operacional	Médio	0,2	0,4	0,6	0,2 , 0,4 , 0,6
Pós graduado	10-15<anos	Tático	Alto	0,4	0,6	0,8	0,4 , 0,6 , 0,8
Mestrado ou acima	Acima de 15 anos	Estratégico	Muito alto	0,6	0,8	1	0,6 , 0,8 , 1

Fonte: Autores (2024).

Figura 2– Escala linguística da importância dos critérios de caracterização dos TD.



Fonte: Autores (2024).

3. **Definição das Alternativas e Critérios:** a partir dos trabalhos desenvolvidos em Amaral et. al 2024, foram nomeadas as alternativas que, neste estudo, são as 04 diretrizes com maior número de ocorrências após tabulação do banco de dados de perdas por *making-do* citado pelos autores (ver Tabela 1). Essas diretrizes são consideradas "as alternativas apontadas a partir de um problema e que serão condicionadas a certos critérios formados para encontrar uma solução para o problema" (Homes, 2006). Sendo assim, os impactos gerados pela ocorrência do *making-do* – amplamente discutidos em estudos de Fireman *et al.* (2013) – são os critérios.

Para avaliar o nível potencial que uma diretriz tem para reduzir cada impacto gerado pelo *making-do*, o tomador de decisão classificou cada alternativa com base em uma escala linguística (Muito Baixo, Baixo, Alto, Médio, Muito Alto), que permitiu

determinar o nível de eficácia de cada uma em relação aos critérios. A coleta dessa avaliação foi realizada por meio de entrevistas semiestruturadas, proporcionando uma compreensão detalhada e qualitativa sobre o potencial de cada diretriz, conforme demonstrado no Quadro 2.

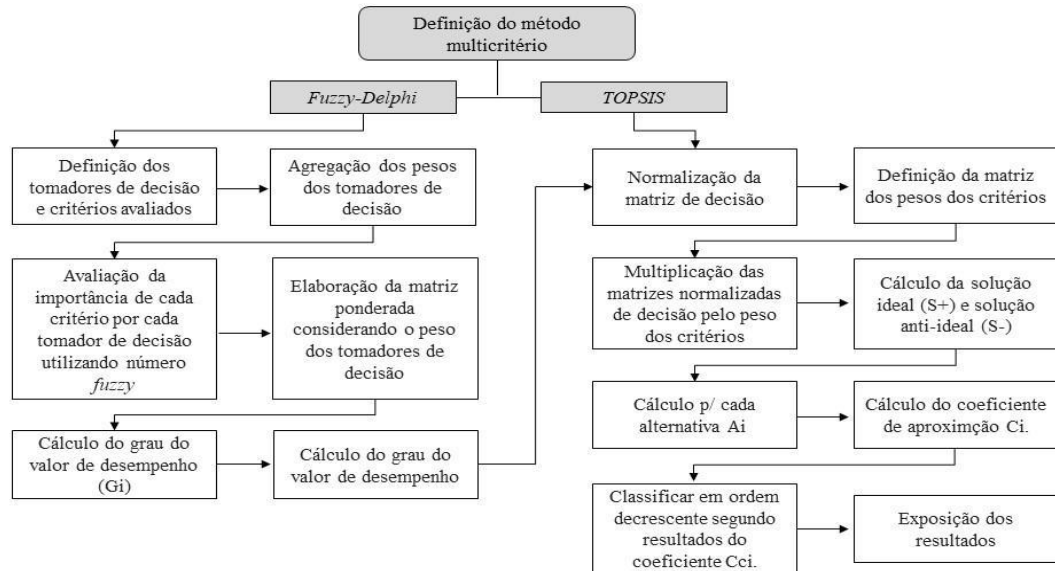
Quadro 2 – Matriz de avaliação.

Pergunta: qual o potencial que cada diretriz tem de reduzir o impacto gerado pelo <i>making-do</i> ?			Diretrizes propostas em Amaral <i>et al.</i> 2024			
			A1	A2	A3	A4
Impactos extraídos dos estudos de Fireman <i>et al.</i> (2013)	C1	Retrabalho				
	C2	Redução da qualidade				
	C3	Diminuição da produtividade				
	C4	Perda de material				
	C5	Falta de terminalidade				
	C6	Redução da segurança				
	C7	Desmotivação				

Fonte: autores.

4. **Escolha do Método Multicritério:** após a identificação dos tomadores de decisão e a definição das alternativas e critérios, o processo segue para a seleção do método multicritério, que norteou a avaliação das alternativas. Foi optado pelos métodos *Fuzzy-Delphi* e *TOPSIS* para o desenvolvimento do estudo devido à necessidade de integrar múltiplos critérios na decisão. O *Fuzzy-Delphi* foi selecionado para combinar a análise de consenso com a Lógica *Fuzzy*, facilitando a coleta e a integração das opiniões subjetivas dos especialistas e minimizando incertezas nas avaliações, como sugerido por Okoli e Pawlowski (2004). Já o *TOPSIS* foi escolhido para classificar as alternativas com base na proximidade a uma solução ideal, proporcionando uma avaliação objetiva e equilibrada, conforme descrito por Hwang e Yoon (1981). O passo a passo da aplicação de cada método é apresentado no fluxograma da Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma das etapas do método multicritério.



Fonte: autores (2024).

4.1 Método *Fuzzy-Delphi*

O método *Fuzzy-Delphi* (FDM) inicia pela definição dos tomadores de decisão e dos critérios avaliados e segue para agregação dos pesos destes tomadores de decisão - já detalhadas na etapa 2 do método. A seguir tem-se as etapas subsequentes dos métodos de forma detalhada:

- i. Foi realizada a avaliação do potencial de cada critério por cada decisor, utilizando números *fuzzy*. Os decisores utilizaram uma classificação linguística, conforme apresentado no Tabela 3, e seus respectivos números triangulares *fuzzy* conforme apresentado na Figura 4. Para avaliar o potencial de redução de cada diretriz - elencada como uma alternativa - para reduzir o impacto - elencado como critério -, foi conduzido junto aos especialistas uma entrevista semiestruturada. Os termos linguísticos para avaliação incluíam: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

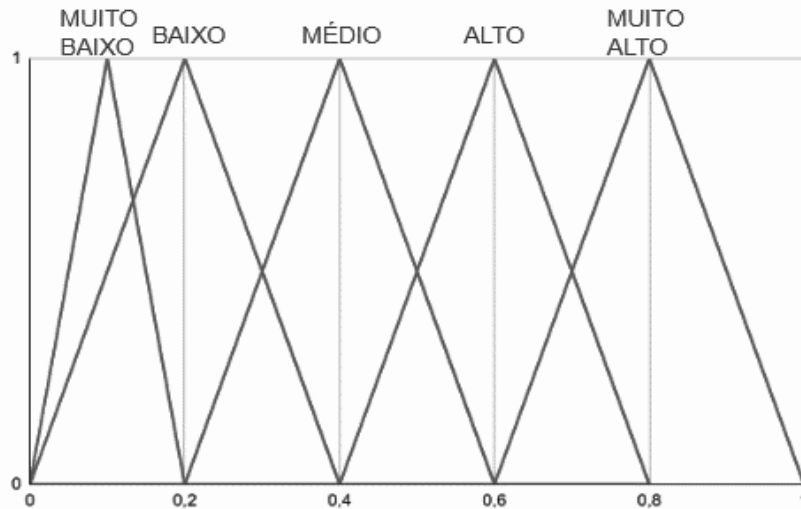
Tabela 3 – Avaliação para o potencial de redução das diretrizes em relação aos impactos

Variáveis linguísticas para avaliação do Tomador de Decisão (TD)	Número triangular fuzzy		
	l	m	u
Muito Baixo	0	0,1	0,2
Baixo	0	0,2	0,4
Médio	0,2	0,4	0,6
Alto	0,4	0,6	0,8

Muito Alto	0,6	0,8	1
------------	-----	-----	---

Fonte: Autores (2024).

Figura 4 - Escala linguística da importância dos critérios de classificação.



Fonte: Autores (2024).

- ii. Elaboração da matriz ponderada considerando o peso dos tomadores de decisão. Executa-se a agregação ponderada das avaliações dos decisores de acordo com o peso de cada tomador de decisão, através da multiplicação da matriz peso dos tomadores de decisão com a matriz de avaliação.
- iii. Cálculo do grau do valor de desempenho (G_i) para cada critério, conforme equação abaixo:

$$G_i = ((U_i - L_i) + (M_i - L_i))/3 + L_i, \text{ onde:}$$

U_i : valor máximo do m da matriz de avaliação.

L_i : valor mínimo do l da matriz de avaliação.

M_i : média geométrica do m da matriz de avaliação.

- iv. Elaboração da matriz de decisão.

4.2 Método TOPSIS

A seguir são descritas as etapas do método conforme descrito por Costa e Duarte Júnior (2013):

- i. Elaboração da matriz de decisão D e um vetor de pesos W . Neste trabalho utilizou-se a matriz de decisão resultante da aplicação do *Fuzzy-Delphi*.

$$D = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_j & \dots & C_m \\ A_1 & d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1j} & \dots & d_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_i & d_{i1} & d_{i2} & \dots & d_{ij} & \dots & d_{im} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_n & d_{n1} & d_{n2} & \dots & d_{nj} & \dots & d_{nm} \end{matrix}$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_m]$$

- ii. Cálculo da matriz normalizada. Segundo Miranda (2008), a normalização da matriz de decisão pode ser feita através de vários modos. Neste trabalho foi utilizado a normalização conforme equação a seguir:

$$x' = (x - \min(x)) / (\max(x) - (\min(x))), \text{ onde:}$$

- x' : valor normalizado.
 x : valor não normalizado.
 $\min(x)$: valor mínimo de x .
 $\max(x)$: valor máximo de x .

- iii. Cálculo da matriz normalizada com os respectivos pesos. Multiplica-se a matriz normalizada pelos pesos dos critérios.

Os pesos de cada critério devem ser realizados de acordo com os critérios de cada decisor. Neste trabalho os critérios foram extraídos dos trabalhos desenvolvidos inicialmente por Koskela (2004), seguido por Sommer (2010) e por Fireman (2012), somando-se sete impactos ao todo. Esses impactos foram elencados como aqueles gerados pela ocorrência do *making-do* em canteiros de obra.

De acordo com a análise dos resultados dos dados tabulados pelo grupo de pesquisa apresentado no trabalho de Amaral et. al (2024), os impactos com maior recorrência foram: retrabalho e redução da qualidade; estes foram classificados com o peso muito alto. Os de menor recorrência foram classificados como peso médio e são: diminuição da produtividade, perda de material, falta de terminalidade, redução da segurança e desmotivação. Determinou-se que o peso dos impactos que apresentaram maior recorrência na classificação teria maior peso. O Quadro 3 apresenta a consideração de peso estabelecida para cada critério, enquanto que a Tabela 4 apresenta a escala dos pesos dos critérios.

Quadro 3 – Relação de peso dos critérios

Crítérios	Peso atribuído
Retrabalho	Muito Alto
Redução da qualidade	Muito Alto
Diminuição da produtividade	Médio
Perda de material	Médio
Falta de terminalidade	Médio
Redução da segurança	Médio
Desmotivação	Médio

Fonte: Autores (2024).

Tabela 4 – Escala de pesos dos critérios

Variável linguística	Escala numérica
Muito baixo	1
Baixo	2
Médio	3
Alto	4
Muito alto	5

Fonte: Autores (2024).

- iv. Identificação da solução ideal (PIS) e da solução anti-ideal (NIS). Calcula-se, a solução ideal S^+ e a soluções anti-ideal S^- .

$$S^+ = \{(max v_{ij} | j \in J), (min v_{ij} | j \in J')\}$$

$$S^- = \{(min v_{ij} | j \in J), (max v_{ij} | j \in J')\}$$

, onde:

j e J' : representam o conjunto de critérios.

- v. Cálculo para cada alternativa da A_i , que é a distância euclidiana de cada avaliação para o vetor de soluções ideal S^+ e para o vetor de soluções anti-ideal S^- . Para isso utiliza-se as equações abaixo:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n [v_{ij}(x) - v_j^+(x)]^2}$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n [v_{ij}(x) - v_j^-(x)]^2}$$

- vi. Determinação da proximidade relativa para a posição ideal positiva. Calcula-se o coeficiente de aproximação CC_i de acordo com a equação abaixo, o qual corresponde ao desempenho global (ou à pontuação final).

$$CC_i = D_i^- / (D_i^+ - D_i^-)$$

- vii. Classificação das alternativas. São classificadas em ordem decrescente segundo resultados do coeficiente CC_i . A alternativa que tiver proximidade relativa mais próxima a 1 é considerada ideal, enquanto a que tiver resultado mais próximo a 0 é considerada anti-ideal.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado da aplicação dos métodos *Fuzzy-Delphi* e *TOPSIS* retornam a alternativa considerada ideal ao integrar as classificações emitidas pelos especialistas com os pesos atribuídos aos critérios avaliados.

Foram selecionados 10 (dez) especialistas como tomadores de decisão para participar do estudo, com base em critérios previamente estabelecidos, assegurando que cada tomador de decisão possuísse a expertise necessária para avaliar os critérios propostos. Esses especialistas foram avaliados de acordo com sua formação acadêmica, experiência profissional e nível de decisão dentro do seu ambiente organizacional, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Quantidade de especialistas de acordo com a classificação.

Variável Linguística	Formação	Qtd e	Experiência profissional	Qtd e	Nível de decisão	Qt de
Baixo	Estudante	0	0-<5 anos	0	N/A	0
Médio	Superior completo	3	5-10<10 anos	9	Operacional	2
Alto	Pós graduado	4	10-15<anos	0	Tático	5
Muito alto	Mestrado-acima	3	Acima de 15 anos	1	Estratégico	3

Fonte: Autores (2024).

A classificação de cada especialista partiu de uma escala de variável linguística (Baixo, Médio, Alto, Muito Alto). Considerando que essa informação é de natureza subjetiva, cada variável linguística foi representada por um número triangular *Fuzzy*, como mostrado anteriormente no Quadro 3 e baseado na escala linguística de importância conforme já apresentado na Figura 2 deste estudo.

Cada tomador de decisão classificou a importância das alternativas em relação aos critérios utilizando variáveis linguísticas, conforme descrito no exemplo exposto no Quadro 4, que

exemplifica uma matriz de avaliação com as respostas extraídas de um especialista mediante entrevista semiestruturada. Em seguida, as variáveis linguísticas foram representadas por números triangulares *Fuzzy*, para capturar a subjetividade e a incerteza das respostas durante o processo decisório, conforme apresentado na Tabela 3 e Figura 5 no desenvolvimento do método deste estudo.

Quadro 4 – Exemplo de matriz de avaliação com respostas extraídas de um especialista.

Pergunta: qual o potencial que cada diretriz tem de reduzir o impacto gerado pelo <i>making-do</i> ?			Diretrizes propostas em Amaral <i>et al.</i> 2024			
			A1	A2	A3	A4
Impactos extraídos dos estudos de Fireman <i>et al.</i> (2013)	C1	Retrabalho	Muito Alto	Muito Alto	Muito Alto	Muito Alto
	C2	Redução da qualidade	Muito Alto	Muito Alto	Muito Alto	Alto
	C3	Diminuição da produtividade	Alto	Muito Alto	Muito Alto	Médio
	C4	Perda de material	Muito Alto	Muito Alto	Muito Alto	Muito Alto
	C5	Falta de terminalidade	Muito Alto	Alto	Médio	Baixo
	C6	Redução da segurança	Alto	Muito Alto	Médio	Alto
	C7	Desmotivação	Baixo	Alto	Médio	Alto

Fonte: Autores (2024).

Observou-se que os tomadores de decisão selecionados apresentaram uma ponderação significativa, com 47% classificados como de média relevância, 30% com alta relevância e 23% com relevância muito alta, de acordo com os critérios pré-definidos. A maioria dos especialistas entrevistados possui formação complementar à graduação, mais de cinco anos de experiência profissional, e atua em níveis táticos e estratégicos em suas respectivas organizações. A importância da coleta desses dados para a caracterização dos tomadores de decisão justifica-se pelo fato de que o nível de atuação desses profissionais indica uma visão abrangente e estratégica da organização, essencial para decisões que influenciam o rumo da empresa. Estar nos níveis táticos e estratégicos sugere que eles estão capacitados para avaliar questões complexas e tomar decisões de alto impacto.

No entanto, embora a formação e a experiência sejam fatores relevantes, elas não garantem, por si só, a validade das decisões. Habilidades interpessoais, capacidade de adaptação a novas situações e a aceitação das decisões por parte da equipe também são elementos cruciais que não foram contemplados nesses critérios, mas que podem influenciar significativamente a eficácia das decisões tomadas.

Consequentemente, o método *Fuzzy-Delphi* teve um papel crucial na construção do modelo, pois possibilitou uma gestão mais eficiente da incerteza e da subjetividade nas opiniões dos especialistas. Ao correlacionar as variáveis linguísticas das importâncias atribuídas aos critérios de avaliação dos decisores com números *fuzzy* triangulares, tornou-se viável representar com precisão a ambiguidade inerentes às respostas. A Tabela 6 apresenta a matriz de decisão

produzida, que é resultante da aplicação do método para a agregação das opiniões dos especialistas. Ao combinar as classificações dos especialistas com os pesos atribuídos aos critérios, o método reflete as opiniões coletivas, garantindo que as decisões finais sejam fundamentadas em análises detalhadas e adequadamente ponderadas.

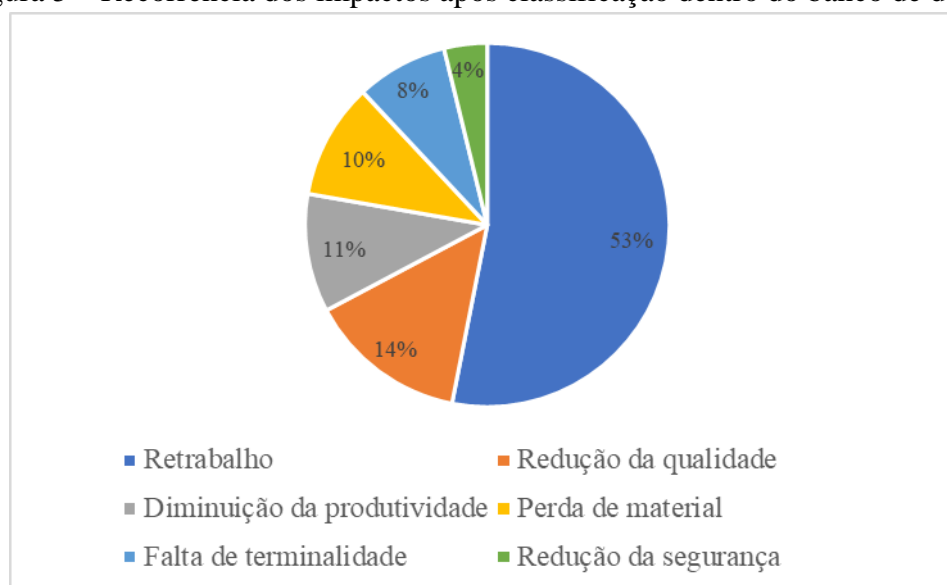
Tabela 6 – Matriz de decisão resultante após aplicação do método *Fuzzy-Delphi*.

Alternativas	Critérios						
	Impacto 1	Impacto 2	Impacto 3	Impacto 4	Impacto 5	Impacto 6	Impacto 7
Diretriz 1	0,45	0,45	0,30	0,40	0,45	0,35	0,23
Diretriz 2	0,40	0,45	0,45	0,40	0,45	0,40	0,35
Diretriz 3	0,45	0,40	0,40	0,36	0,24	0,20	0,20
Diretriz 4	0,45	0,35	0,24	0,45	0,13	0,35	0,35

Fonte: Autores (2024).

Em seguida, para aplicar o método *TOPSIS*, que visa identificar a melhor alternativa com base na proximidade à solução ideal, foi utilizada a matriz de decisão descrita acima para calcular a distância de cada alternativa em relação à solução ideal. Isso permitiu um ranqueamento objetivo das alternativas. Antes disso, cada alternativa recebeu uma pontuação que possibilitou compreender quão favorável ou desfavorável ela é em comparação às outras. Essa pontuação reflete um conceito essencial do método, que utiliza pesos para os critérios de avaliação. Esses pesos são cruciais, pois indicam a importância relativa de cada critério na avaliação das alternativas. Para a determinação desses pesos, foram utilizados os impactos propostos por Fireman *et al.* (2013), conforme tabulados em Amaral *et al.* (2023), que apresentou as recorrências após a tabulação dos dados, conforme demonstrado no gráfico da Figura 5 abaixo.

Figura 5 – Recorrência dos impactos após classificação dentro do banco de dados.



Fonte: Amaral et. al (2023)

Assim, determinou-se que os impactos com maior recorrência na classificação teriam maior peso. Os Quadros 6 e 7, apresentados anteriormente no delineamento do método deste trabalho, expuseram as considerações para cada critério. A Tabela 7 abaixo resume a relação entre a

escala utilizada e o peso atribuído a ela. Em seguida, esses pesos foram normalizados. Essa é uma etapa fundamental dentro do método *TOPSIS* e de outros métodos multicritério para ajustar os valores atribuídos a cada critério de modo que eles possam ser comparados entre si de maneira proporcional, garantindo que a soma total dos pesos seja igual a 1 (ou 100%).

Tabela 7 – Relação de peso dos critérios

Critérios	Peso atribuído	Escala Numérica
Retrabalho	Muito Alto	5
Redução da qualidade	Muito Alto	5
Diminuição da produtividade	Médio	3
Perda de material	Médio	3
Falta de terminalidade	Médio	3
Redução da segurança	Médio	3
Desmotivação	Médio	3

Fonte: Autores (2024).

Em seguida, a matriz de decisão obtida por meio da aplicação do método *Fuzzy-Delphi*, conforme apresentado anteriormente, foi empregada no método *TOPSIS* para calcular a distância de cada alternativa em relação à solução ideal (Tabela 8). Esse procedimento possibilitou um ranqueamento objetivo das alternativas, resultando na identificação das melhores soluções. A solução positiva ideal representa o desempenho mais desejável para cada critério, enquanto a solução negativa ideal corresponde ao desempenho menos desejável.

A presença de uma solução negativa máxima igual a zero neste contexto indica que a alternativa em questão não possui desvantagens para os critérios analisados. Em outras palavras, como todas as boas práticas gerenciais demonstraram resultados positivos em relação aos pré-requisitos, isso significa que essas práticas não afetam negativamente a garantia dos pré-requisitos. Assim, ambas as referências — positiva e negativa — são usadas no método *TOPSIS* para classificar as alternativas.

Tabela 8 – Cálculo das máximas soluções (S+ e S-)

		Critérios						
		Retrabalho	Redução da qualidade	Diminuição da produtividade	Perda de material	Falta de terminalidade	Redução da segurança	Desmotivação
Pesos		Muito alto	Muito alto	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Pesos numéricos		5	5	3	3	3	3	3
Pesos normalizados		0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Alternativas	Diretriz 1	0,200	0,200	0,033	0,061	0,120	0,087	0,023
	Diretriz 2	0,000	0,200	0,120	0,061	0,118	0,120	0,120
	Diretriz 3	0,200	0,110	0,093	0,000	0,044	0,000	0,000
	Diretriz 4	0,200	0,000	0,000	0,120	0,000	0,087	0,120
Máx Solução positiva ideal (S+)		0,200	0,200	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Máx Solução positiva ideal (S-)		0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autores (2024).

O método segue com o cálculo das Distâncias Euclidianas, que determina a linha reta mais curta entre dois pontos. No contexto do método *TOPSIS*, essa métrica é essencial para quantificar a proximidade de cada alternativa em relação às soluções ideais, tanto positiva quanto negativa, ou seja, ela é empregada para medir o quão perto uma alternativa está da solução ideal positiva (a melhor possível) e o quão distante está da solução ideal negativa (a pior possível), permitindo uma avaliação precisa do desempenho de cada opção.

A Tabela 9 apresenta os resultados do cálculo das distâncias euclidianas para cada alternativa considerada na análise. Esses resultados são fundamentais para o processo de ranqueamento, pois permitem comparar a eficácia e a adequação de cada alternativa em relação às soluções ideais estabelecidas. O uso dessas distâncias facilita a identificação das alternativas que estão

mais próximas da solução ideal desejada e, portanto, auxilia na escolha da melhor opção com base em critérios objetivos.

Tabela 9 – Cálculo das Distâncias Euclidianas.

Alternativa	Distancia euclidiana +		Distancia euclidiana -	
Diretriz 1	d1+	0,15	d1-	0,33
Diretriz 2	d2+	0,21	d2-	0,32
Diretriz 3	d3+	0,24	d3-	0,25
Diretriz 4	d4+	0,26	d4-	0,28

Fonte: Autores (2024).

A interpretação dos resultados obtidos a partir dos cálculos das soluções ideais e das Distâncias Euclidianas pode ser resumida da seguinte maneira: a solução ideal positiva representa o melhor desempenho possível para cada critério, enquanto a solução ideal negativa reflete o pior desempenho possível. No método *TOPSIS*, a Distância Euclidiana positiva é preferencialmente menor, indicando que a alternativa está mais próxima da solução ideal positiva. Por outro lado, a Distância Euclidiana negativa é mais vantajosa quando é maior, o que sugere que a alternativa está mais distante da solução ideal negativa.

Portanto, no ranking final do *TOPSIS*, as alternativas com distâncias euclidianas positivas menores e distâncias euclidianas negativas maiores tendem a ocupar posições mais elevadas, pois essas alternativas estão mais próximas da solução ideal. No caso específico analisado, a alternativa apresentada pela Diretriz 1 é classificada de forma superior, pois apresentou uma menor Distância Euclidiana em relação à solução ideal positiva. Em contraste, a alternativa representada pela Diretriz 4 obteve um valor maior para a Distância Euclidiana, indicando um desempenho inferior e, conseqüentemente, uma classificação menos favorável.

No método *TOPSIS*, a Distância Euclidiana e a proximidade relativa são conceitos fundamentais que estão estreitamente interligados. A proximidade relativa é uma métrica que irá quantificar a posição de cada alternativa em relação à solução ideal positiva e à solução ideal negativa. Especificamente, essa métrica avaliará o quão próxima uma alternativa está da solução ideal positiva em comparação com a solução ideal negativa.

Um valor de proximidade relativa próximo a 1 indica que a alternativa está muito próxima da solução ideal positiva, refletindo um desempenho superior em relação às outras alternativas. Por outro lado, um valor próximo a 0 sugere que a alternativa está mais próxima da solução

ideal negativa, indicando um desempenho inferior. A Tabela 10 apresenta os resultados detalhados do cálculo das proximidades relativas para cada alternativa.

Tabela 10 – Cálculo das proximidades relativas.

Alternativa	Proximidade relativa	
	Diretriz 1	CC1
Diretriz 2	CC2	0,60
Diretriz 3	CC3	0,51
Diretriz 4	CC4	0,51

Fonte: Autores (2024).

Ao concluir a aplicação do método *TOPSIS*, foram obtidas a classificação das alternativas com base em sua proximidade relativa à solução ideal positiva. Esse processo permitiu identificar as melhores diretriz que efetivamente contribuem para redução dos impactos gerados pelas perdas por *making-do*: realizar verificação e inspeções mediante FVS e realizar treinamentos periódicos da mão de obra.

É de extrema importância ressaltar que, o ranqueamento das soluções é diretamente influenciado pelas opiniões dos tomadores de decisão selecionados e pelos pesos atribuídos a cada critério. Essas opiniões foram integradas na etapa do método *Fuzzy-Delphi* e, em seguida, classificadas pelo método *TOPSIS*. Além disso, a definição dos pesos dos critérios, essencial para o resultado final, foi baseada na análise dos dados apresentados no trabalho de Amaral *et al.* (2023). Portanto, a combinação dessas abordagens garante que a classificação final das alternativas reflita de maneira precisa e fundamentada as diretrizes com mais potencial de reduzir os impactos.

Todavia, a aplicação do método em diferentes cenários possibilitará identificar os pontos fortes e fracos, compreendendo quais critérios contribuíram para o desempenho de cada alternativa, tornando a análise dos dados mais transparente e racional para a tomada de decisão.

6. CONCLUSÕES

A aplicação dos métodos *Fuzzy-Delphi* e *TOPSIS* demonstrou a precisão na tomada de decisões complexas, especialmente em contextos que envolvem múltiplos critérios subjetivos, como é o caso do estudo proposto neste trabalho. A combinação desses métodos possibilitou uma avaliação detalhada de quais diretrizes propostas possuem maior potencial para reduzir os impactos gerados pelo *making-do*, fornecendo uma boa fundamentação para a escolha das melhores soluções.

Inicialmente, o método *Fuzzy-Delphi* foi essencial para levantar a subjetividade das opiniões dos especialistas, transformando-as em avaliações qualitativas e em dados quantitativos precisos. Isso permitiu integrar as opiniões coletivas de maneira confiável, mitigando a ambiguidade e a incerteza presente nas respostas dos especialistas. Em seguida, a aplicação do método *TOPSIS* proporcionou um ranqueamento objetivo das alternativas, fundamentado na proximidade relativa com as soluções ideais positiva e negativa. Esse processo facilitou a identificação das opções com maior potencial em relação aos critérios de desempenho desejados.

Para aplicação do método com intuito de auxiliar os gestores a reduzir os impactos do *making-do* em canteiros de obra, deve-se realizar análises de sensibilidade, testando diferentes configurações de pesos para os critérios de avaliação. Isso significa ajustar os pesos atribuídos a cada critério, como a redução de retrabalho ou a segurança, e observar como essas mudanças afetam a eficácia das alternativas propostas. Ao fazer isso, os gestores podem entender como diferentes prioridades e condições do projeto influenciam os resultados das alternativas avaliadas.

Essas análises permitem que os especialistas ajustem suas decisões com base nas circunstâncias específicas e nas necessidades do projeto. Por exemplo, se a segurança se tornar uma prioridade maior, os gestores podem aumentar o peso desse critério e reavaliar as alternativas. Assim, a análise de sensibilidade oferece uma visão mais flexível e detalhada, ajudando os gestores a tomar decisões mais precisas e adaptadas às condições reais do canteiro de obras.

Além disso, testar diferentes cenários de pesos fornece uma perspectiva mais abrangente e dinâmica sobre as alternativas disponíveis. Isso ajuda a identificar quais soluções são mais eficazes em várias situações e também auxilia a escolher as melhores opções com base nas prioridades atuais do projeto. Portanto, a inclusão de análises de sensibilidade é essencial para garantir que as decisões sejam bem fundamentadas e ajustadas às necessidades específicas do canteiro de obras.

Sendo assim, como sugestão para desenvolvimento de trabalhos futuros, o desenvolvimento de uma análise de sensibilidade mais detalhada, investigando como diferentes atribuições de pesos influenciam na eficácia das alternativas em vários contextos, ajudaria a entender melhor o impacto das diretrizes nas prioridades e condições do projeto. Uma opção também é o desenvolvimento de ferramentas de software que integrem os métodos *Fuzzy-Delphi* e *TOPSIS*, permitindo ajustes dinâmicos de pesos e análises de sensibilidade em tempo real, nos quais poderiam oferecer suporte prático e de fácil acesso aos gestores nas suas tomadas de decisão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEWUYI, T.; IDORO, I.; IKPO, I. Theoretical framework for minimizing waste in the construction industry: an empirical analysis. **International Journal of Construction Management**, v. 14, n. 4, p. 307-317, 2014.

ALMEIDA, A. M. Métodos multicritério na gestão de projetos: uma análise dos principais

métodos. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 15, n. 2, p. 89-104, 2013.

AMARAL, D. S.; REZENDE, T.; ALMEIDA, A.; LEITE, D. Perdas por *making-do* em empreendimentos residenciais multifamiliares. **Revista Brasileira de Engenharia e Construção**, v. 28, n. 1, p. 45-68, 2023.

AMARAL, D. S.; REZENDE, T.; ALMEIDA, A.; LEITE, D. Diretrizes para prevenção de perdas por *making-do*: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Engenharia e Construção**, v. 29, n. 2, p. 123-145, 2024.

ANSAH, M.; SOROOSHIAN, S.; MUSTAFA, M. Minimizing waste in construction: An overview of strategies and techniques. **Construction Innovation**, v. 16, n. 1, p. 55-72, 2016.

AZIZ, R. F.; HAFEZ, S. M. Sustainable construction: waste minimization and management. **International Journal of Construction Management**, v. 13, n. 1, p. 55-66, 2013.

BRAGA, J. A. Análise das perdas por *making-do* em canteiros de obras: um estudo de caso. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 22, n. 3, p. 200-220, 2018.

BRIOSO, C. S.; MUSETTI, R. A. Decisão multicritério na gestão de projetos: um estudo de caso. **Revista de Administração e Inovação**, v. 12, n. 4, p. 278-295, 2015.

CHEN, S. H.; HWANG, C. L. **Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications**. Springer, 1992.

CLEMMER, E. W.; REILLY, T. R. **Making Decisions with Multiple Objectives: A Practical Guide**. John Wiley & Sons, 2001.

COSTA, A. S.; DUARTE JÚNIOR, J. A. Método *TOPSIS* para avaliação e seleção de alternativas. **Revista Brasileira de Engenharia**, v. 16, n. 2, p. 80-95, 2013.

FIREMAN, D. H. Análise das perdas por *making-do* em construção civil. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 138, n. 4, p. 342-355, 2012.

FORMOSO, C. T.; LIMA, C. A.; BERTOLUCCI, L. A. Waste management in construction: challenges and opportunities. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 2, p. 03017031, 2017.

GOODWIN, P.; WRIGHT, G. **Decision Analysis for Management Judgment**. John Wiley & Sons, 1991.

HWANG, C. L.; YOON, K. **Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications**. Springer, 1981.

ISHIKAWA, A.; YAMADA, M.; KUMAGAI, K. **Fuzzy-Delphi Method for Decision-Making**. Springer, 1993.

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. **Technical Report No. 72**. CIFE, Stanford University, 1992.

KOSKELA, L. Lean Construction: a new paradigm for construction management. **International Journal of Project Management**, v. 22, n. 5, p. 361-373, 2004.

KOSKELA, L. *Making-do*: The eighth waste in construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 126, n. 2, p. 93-100, 2000.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. The Delphi Method: Techniques and Applications. **Addison-Wesley**, 1975.

MORAIS, M. D.; ALMEIDA, A. M. Decisão Multicritério na Avaliação de Alternativas. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 8, n. 1, p. 120-134, 2006.

OKOLI, C.; PAWLOWSKI, S. D. The Delphi Method as a Research Tool: An Example, Design Considerations, and Applications. **Information & Management**, v. 42, n. 1, p. 15-29, 2004.

ROY, B. *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Springer, 1996.

SALTANA, H. M.; AHMED, M. S.; AZEEM, A. Decision-making process in construction management: A review. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 141, n. 5, p. 04015021, 2015.

SANTOS, G. R.; SANTOS, E. L. Lean Construction: conceitos e aplicações. **Revista Brasileira de Engenharia e Construção**, v. 24, n. 3, p. 72-85, 2017.

SOMMER, A. Análise e Minimização de Perdas na Construção Civil. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 136, n. 6, p. 684-692, 2010.

YÜCENUR, G.; KAAN, C. Lean Construction Practices in the Industry: An Empirical Study. **Construction Innovation**, v. 21, n. 1, p. 11-29, 2021.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. **Information and Control**, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.

ZHANG, H. *TOPSIS* for Decision Making with Multiple Criteria. **Journal of Operations Research**, v. 18, n. 1, p. 74-80, 2010.

CAPÍTULO 5
CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. CONCLUSÕES GERAIS

O objetivo geral deste estudo teve como foco o estudo das perdas por *making-do* por meio de abordagens complementares para reduzir a ocorrência delas, articulando uma sequência lógica de estudos interligados que culminassem em soluções práticas e inovadoras.

No Artigo 1 realizou uma Revisão Sistemática da Literatura que revelou uma lacuna significativa no conhecimento sobre as perdas por *making-do* na construção civil. A revisão destacou a escassez de estudos que investigam profundamente as causas e efeitos das perdas por *making-do* e a falta de métodos consolidados para modelar e analisar esses dados. Este panorama inicial ressaltou a importância de uma investigação mais detalhada, evidenciando a necessidade de abordar este estudo e desenvolver métodos que auxiliem o gestor a reduzir os eventos de improvisação em canteiros de obra.

Avançando para o Artigo 2, foi proposto uma metodologia prática para a prevenção de perdas por *making-do*. Utilizando um banco de dados extenso que identificou 420 perdas em diversos canteiros de obras, fora geradas e classificadas 47 diretrizes específicas para diferentes fases da construção. Essa metodologia proporcionou uma estrutura metodológica para a implementação de medidas corretivas e preventivas, otimizando os procedimentos de execução e contribuindo para uma gestão de produção mais eficiente. A criação e validação dessas diretrizes foram essenciais para fornecer uma base sólida para o desenvolvimento de um modelo de decisão mais sofisticado.

Por fim, no Artigo 3, houve uma integração e expansão do trabalho anterior ao introduzir um modelo de tomada de decisão multicritério, aplicando os métodos *Fuzzy-Delphi* e *TOPSIS*. Esses métodos permitiram a análise detalhada e a priorização das diretrizes propostas com base em múltiplos critérios subjetivos e objetivos. O método *Fuzzy-Delphi* ajudou a transformar a subjetividade das opiniões dos especialistas em dados quantitativos precisos, enquanto o *TOPSIS* possibilitou um ranqueamento objetivo das alternativas, identificando as mais eficazes para reduzir os impactos das perdas por *making-do*. Essa abordagem forneceu uma estrutura para seleção das melhores estratégias, alinhando a tomada de decisão com as necessidades específicas em cada cenário.

A principal contribuição deste estudo foi a criação de um modelo integrado que não só oferece diretrizes práticas para a redução das perdas por *making-do*, mas também introduz uma metodologia de tomada de decisão baseada em análises detalhadas e ferramentas analíticas avançadas.

Para pesquisas futuras, sugere-se uma análise mais aprofundada para explorar como diferentes atribuições de pesos afetam a eficácia das diretrizes em contextos variados. Além disso, o desenvolvimento de ferramentas de software que integrem os métodos *Fuzzy-Delphi* e *TOPSIS* pode facilitar a aplicação prática e dinâmica desses métodos, oferecendo suporte contínuo para os gestores na tomada de decisões. Essas abordagens não apenas expandem a aplicação das metodologias desenvolvidas, mas também promovem uma gestão mais eficiente e eficaz das perdas em canteiros de obras, contribuindo para a melhoria contínua da indústria da construção civil.