

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E  
SISTEMAS  
NÍVEL DE DOUTORADO**

**MARCOS AURÉLIO ARAÚJO SANTOS**

**REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
o caso das construtoras que possuem obras distantes da sede da empresa no  
nordeste do Brasil.**

**São Leopoldo**

**2021**

MARCOS AURÉLIO ARAÚJO SANTOS

**REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
o caso das construtoras que possuem obras distantes da sede da empresa no  
nordeste do Brasil.**

Tese apresentada como requisito  
parcial para obtenção do título de  
Doutor em Engenharia de Produção e  
Sistemas da Universidade do Vale do  
Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Giancarlo  
Medeiros Pereira

**São Leopoldo**

**2021**

S237r Santos, Marcos Aurélio Araújo.  
Redução de desperdícios de materiais na construção civil : o caso das construtoras que possuem obras distantes da sede da empresa no nordeste do Brasil / por Marcos Aurélio Araújo Santos– 2021.  
73 f. : il. ; 30 cm.

Tese (doutorado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2021.  
“Orientador: Dr. Giancarlo Medeiros Pereira”.

1. Construção enxuta. 2. Desperdício de materiais.  
3. Construtoras. 4. Fornecedores. 5. Projetos.  
6. Tecnologias. 7. Processos. I. Título.

CDU: 65.012.2:69

MARCOS AURÉLIO ARAÚJO SANTOS

**REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
o caso das construtoras que possuem obras distantes da sede da empresa no  
nordeste do Brasil.**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção e Sistemas, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Giancarlo Medeiros Pereira (Orientador)  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Rios Brito Junior  
Universidade Federal do Maranhão– UFMA

---

Profa. Dra. Miriam Borchadt  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

---

Prof. Dr. Gabriel Sperandio Milan  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

---

Prof. Dr. Cristiano Richter  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Dedico esse trabalho a meu filho Arthur.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais (in memoriam) que sempre se empenharam em oferecer as ferramentas necessárias para meu crescimento pessoal e profissional, sendo dessa forma minhas referências de vida.

À Nielma, minha esposa, e a meu filho Arthur pelo incentivo nesses quatro anos de doutorado.

Ao Prof. Giancarlo Medeiros pela dedicação desprendida na orientação desta tese, e por se mostrar sempre disponível, incentivando e dando o suporte necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

A coordenação do Programa de Pós-Graduação do Doutorado de Engenharia de Produção e Sistemas da Unisinos e a todos os professores que contribuíram no decorrer dessa jornada para que chegássemos a esse momento.

Aos meus irmãos, que, sempre me incentivaram a alcançar meus objetivos.

Aos amigos, que compreenderam a importância deste projeto, alguns analisando e debatendo ideias a respeito de determinados pontos e outros por terem compreendido que o meu distanciamento foi em prol de uma causa justa.

*“Se o desejo de alcançar a meta estiver vigorosamente vivo dentro de nós, não nos faltaram forças para encontrar os meios de alcançá-la e traduzi-la em atos”. Albert Einstein “Se o desejo de alcançar a meta estiver vigorosamente vivo dentro de nós, não nos faltaram forças para encontrar os meios de alcançá-la e traduzi-la em atos”.*

*Albert Einstein*

## RESUMO

O desperdício de materiais (DM) vem sendo apontado como um dos principais geradores do aumento de custos de obras da construção civil. A tese investiga como ações mitigadoras alternativas ou aplicações de práticas da *Lean Construction* podem contribuir para reduzir o DM. O estudo de caso investiga quatorze construtoras do nordeste do Brasil. Os resultados contribuem ao indicar que o desperdício de materiais em canteiros de obras da construção civil origina-se no projeto e na fragilidade de identificação de fornecedores. Essa deficiência acaba por gerar aquisição excessiva de materiais ou a substituição de materiais já aplicados por outros em razão da não similaridade deles. Para lidar com o problema, os achados contribuem indicando que profissionais já compreendem a necessidade de implantação de novas tecnologias e processos. No entanto, os achados indicam a resistência de empresários em investir em projetos. Esse contraponto, tem levado profissionais a investir em capacitações sem incentivo das empresas as quais prestam serviços. Os achados indicam a atenção a problemas com fornecedores para obras distantes da sede das empresas. Para lidar com esse problema empresas precisam identificar fornecedores em cidades do entorno, para que possam ter suas demandas atendidas em sistema *just in time*. Para tanto, a formação de *clusters* surgem como alternativa também para minimização de estoques e conseqüente redução de desperdícios.

**Palavras-chave:** Construção Enxuta. Desperdício de materiais. Construtoras. Fornecedores. Projetos. Tecnologias. Processos.

## ABSTRACT

The waste of materials has been indicated as one of the main causes of the construction costs increasing. The thesis investigates as alternative mitigating actions or the practice applications of the Lean Construction can contribute to reduce the waste of materials. The case study investigates fourteen builders from Northeast of Brazil. The results contribute indicating that the waste of materials in construction sites from the Building it is originated in the project and also in the fragility about the identification of suppliers. This deficiency causes an excessive acquisition of materials or the replacement of materials already used by others in reason the non similarity of these materials. To lead with this problem, the results help indicating that professionals already understand the necessity to implantate new Technologies and tactics. However, the results indicate the businessperson resistance in invest on projects. This counterpoint has led professionals to invest in courses with no companies incentive Where They work for. The results show the attention to problem with providers for distant constructions from the head offices of the companies. To lead with this problem, companies need to identify providers in closest cities to have its demands attended in a system called Just in Time. Therefore, the clusters formation appear as an alternative to minimize stocks and wasting reduction.

**Key Words:** Lean Construction. Waste of materials. Builders. Providers. Projects. Technologies. Tactics.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	–	Causas dos desperdícios.....	21
Quadro 2	–	Projetos <i>Lean</i> .....	24
Quadro 3	–	Planejamento <i>Lean</i> .....	27
Quadro 4	–	Oferta <i>Lean</i> .....	29
Quadro 5	–	Montagem <i>Lean</i> .....	31
Quadro 6	–	Execução <i>Lean</i> .....	33
Quadro 7	–	Perfil das empresas.....	39
Quadro 8	–	Perfil dos entrevistados.....	40
Quadro 9	–	Questões formuladas.....	41
Quadro 10	–	Causas de desperdícios de materiais.....	44
Quadro 11	–	Mitigadores de desperdícios de materiais.....	49
Quadro 12	–	Causas, mitigadores e ações.....	54

## LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Modelo conceitual com base na literatura.....	36
--	----

## LISTA DE SIGLAS

DM	Desperdício de material
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	Building Information Modeling
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
DSM	Modeling
<i>fbk</i>	Resistência característica do bloco de concreto
JIT	Just in time
LC	Lean Construction
NBR	Norma Técnica Brasileira
PIB	Produto Interno Bruto
TPM	Total Productive/Preventive Maintenance
TQM	Total Quality Management

## LISTA DE TERMOS EM INGLÊS

<i>Building</i>	<i>Construção</i>
<i>Building Information Modeling</i>	<i>Modelagem de Informação da Construção</i>
<i>Cluster</i>	<i>Associação, aglomeração</i>
<i>In loco</i>	<i>No local</i>
<i>Insight</i>	<i>Perspicácia, luz</i>
<i>Just in time</i>	<i>Na hora certa</i>
<i>Kaizen</i>	<i>Mudança para melhor</i>
<i>Lean Construction</i>	<i>Construção magra</i>
<i>Management</i>	<i>Gestão</i>
<i>Operational</i>	<i>Operacional</i>
<i>Stakeholders</i>	<i>Interessados</i>
<i>Supply chain</i>	<i>Cadeia de suprimentos</i>
<i>Survey</i>	<i>Pesquisa</i>
<i>Waste</i>	<i>Desperdício</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1.1</b>	<b>Contexto</b> .....	14
<b>1.2</b>	<b>Problema de pesquisa</b> .....	16
<b>1.3</b>	<b>Objetivos</b> .....	18
1.3.1	Objetivo geral.....	18
1.3.2	Objetivos específicos.....	18
<b>1.4</b>	<b>Estrutura da pesquisa</b> .....	18
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	19
<b>2.1</b>	<b>Causas dos desperdícios</b> .....	19
<b>2.2</b>	<b>Mitigadores do desperdício de materiais</b> .....	22
2.2.1	Projeto Lean.....	22
2.2.2	Planejamento.....	24
2.2.3	Oferta .....	28
2.2.4	Montagem.....	29
2.2.5	Execução.....	31
<b>2.3</b>	<b>Modelo conceitual com base na literatura</b> .....	34
<b>3</b>	<b>MÉTODO</b> .....	37
<b>3.1</b>	<b>Desenho da pesquisa</b> .....	37
<b>3.2</b>	<b>Coleta de dados</b> .....	38
<b>3.3</b>	<b>Confiabilidade, credibilidade e replicabilidade</b> .....	42
<b>4</b>	<b>ACHADOS</b> .....	44
<b>4.1</b>	<b>Causas dos desperdícios de materiais na construção civil</b> .....	44
<b>4.2</b>	<b>Mitigadores de desperdícios de materiais na construção civil</b>	48
<b>4.3</b>	<b>Análise entre causas e mitigadores</b> .....	53
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	56
<b>5.1</b>	<b>Primeiro grupo de achados</b> .....	57
<b>5.2</b>	<b>Segundo grupo de achados</b> .....	58
<b>5.3</b>	<b>Terceiro grupo de achados</b> .....	60
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	62
<b>6.1</b>	<b>Contribuições acadêmicas</b> .....	62

<b>6.2</b>	<b>Contribuições ao setor da construção civil.....</b>	<b>63</b>
<b>6.3</b>	<b>Limitações e estudos futuros.....</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>66</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contexto

O desperdício de materiais (DM) ocorre em todas as etapas de execução da construção, tendo seu ápice no manuseio e transformação da matéria-prima no canteiro de obra (GUERRA; LEITE; FAUST, 2020). O desperdício pode ser resultado de questões que perpassam pelo mau dimensionamento de materiais ainda na etapa de elaboração do projeto, falhas de execução ou por deficiências no gerenciamento e operacionalização da obra (SIRAJ; FAYEK, 2019). O DM pode ser previsto. Em contraponto, sua imprevisibilidade pode causar prejuízos maiores do que os investimentos que seriam gastos em prevenção (PRIETO, 2017). Citam-se entre os materiais mais desperdiçados em canteiros de obras da construção civil: o cimento, o concreto, areia, agregados graúdos (pedras), dentre outros; sendo o cimento e o concreto os mais recorrentes (GUERRA; LEITE; FAUST, 2020).

Tratar do desperdício de materiais na construção civil, requer antes de tudo, uma reflexão sobre a importância deste setor no desenvolvimento do país e do mundo. No Brasil, em 2019, a construção civil era responsável por 6,7 milhões de empregos, o equivalente a aproximadamente 7,3% do total de empregos do país, podendo-se deduzir que 1 em cada 14 trabalhadores brasileiros encontrava-se alocado na construção civil (EM QUATRO..., 2019). Em termos econômicos, o setor teve ainda nesse ano uma participação de 7,11% no Produto Interno Bruto - PIB Nacional (CBIC, 2020). Ainda de acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), a cadeia da construção agrega a composição que segue, com a seguinte participação na constituição do PIB do segmento, em 2019: construção (52,2%); indústria de materiais (13,0%); comércios de materiais (11,3%); máquinas e equipamentos (0,9%); e demais fornecedores (16,7%). Mesmo com uma participação inferior à de anos anteriores, onde eventos como a Copa do Mundo e as Olimpíadas movimentaram a indústria da construção civil o setor conseguiu registrar um saldo positivo de admissões formais (NUNES *et al.*, 2020), contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico do país.

Destaca-se ainda no setor uma variedade de atividades desenvolvidas, com destaque para a construção de casas, prédios residenciais e comerciais, aeroportos, estádios, portos, rodovias, escolas, hospitais, dentre outros. Dessa maneira, a

construção civil serve como um indicativo para mensuração do crescimento local. Com efeito, a urbanização constitui-se num importante indicador do desenvolvimento econômico-social (WANG *et al.*, 2019). Por outro lado, essa urbanização tem sido apontada como a responsável pela geração de desperdício de materiais da construção, capaz de causar prejuízos econômicos, sociais e ambientais (DING *et al.*, 2016). Evidencia-se que esses problemas ocorrem tanto em países desenvolvidos, como em desenvolvimento (ZHENG *et al.*, 2018; WU *et al.*, 2016).

A despeito dos impactos negativos gerados, muitas causas relacionadas a redução de desperdícios de materiais de construção parecem ainda não terem recebido a devida atenção dos acadêmicos e profissionais de mercado. Conforme a literatura, cerca de 30% dos materiais são desperdiçados nos canteiros de obras. Dentre as causas cita-se, o retrabalho ou o uso excessivo de materiais (WANG *et al.*, 2019). Esses impactos oneram os custos da obra para os construtores, bem como o preço de venda para os clientes finais. Além disso, os descartes inadequados causam prejuízos ao meio ambiente (STANITSAS; KIRYTOPOULOS; LEOPOULOS, 2021). Tais impactos, uma vez sanados ou minimizados, poderiam gerar benefícios como o aumento da capacidade de investimento em novos projetos (PISHDAD-BOZORGI, 2017), e a redução dos preços ofertados aos consumidores (KABIRIFAR *et al.*, 2020). A viabilização destes benefícios demanda aprimoramentos no gerenciamento em termos de elaboração, operacionalização e gestão dos projetos. Dessa forma aprimorar o projeto é uma maneira de garantir que etapas de uma obra, como: orçamento, serviços preliminares, estrutura, alvenaria, instalações (elétricas, hidrossanitárias e complementares), cobertura e acabamentos sejam exitosas. Para tanto, é necessário o engajamento de profissionais de diferentes áreas (STANITSAS; KIRYTOPOULOS; LEOPOULOS, 2021) nas etapas de concepção, elaboração e execução de projetos de maneira que se alcance de forma efetiva a redução de desperdícios de materiais em canteiros de obras da construção civil. Ademais, o planejamento na construção civil deve considerar a possibilidade do estabelecimento de parcerias internas e externas, assim como políticas de recompensas e punições relacionadas aos resultados obtidos (LI, 2017). Com o intuito de garantir a redução de materiais na construção civil e eliminação de etapas que não agregassem valor a obra, surgiu, a partir de uma adaptação do Sistema Toyota de Produção, o modelo de gerenciamento para a construção civil denominado *Lean Construction* (KOSKELA, 1992), sendo denominado por muitos como uma “nova filosofia de produção para a

construção civil”. A literatura indica que a *Lean Construction* (LC) pode ajudar a melhorar o uso de matéria-prima e mão de obra, reduzir o tempo de execução, e evitar a execução de atividades que não agreguem valor (ZHANG; SHI, 2016). A combinação destes benefícios contribui assim, para incrementar os níveis de qualidade e produtividade por meio de uma gestão transparente (YUAN; WU; ZUO, 2018). Alguns estudos indicam alternativas capazes de promover o alcance dos princípios da LC, entre eles: a utilização de elementos pré-fabricados como estratégia de redução de desperdício (DING *et al.*, 2016; KABIRIFAR *et al.*, 2020; WANG *et al.*, 2019); a redução de falhas nos processos de aquisição, armazenamento e transformação de materiais em canteiros de obra (PISHDAD-BOZORGI, 2017); e a necessidade de um bom processo de comunicação interno e externo (SIEFFERT; HUYGEN; DAUDON, 2014). A literatura apresenta ainda a necessidade de tempo para a elaboração de modelos, a partir de simulação de cenários semelhantes ao do projeto a ser executado, a fim de que sejam selecionadas as melhores práticas para sua execução (WANG *et al.*, 2019).

Conforme visto, o desvelar de alternativas para a redução do desperdício de materiais da construção civil a partir de uma gestão operacional eficiente poderá gerar benefícios para construtores (MAVI; STADING, 2018), clientes e sociedade, a partir de projetos e estratégias capazes de integrar profissionais não só na elaboração do projeto, mas também, aqueles que o executam na obra (PISHDAD-BOZORGI, 2017).

## **1.2 Problema de pesquisa**

A geração de desperdícios de materiais em canteiros de obra é considerada uma das grandes vilãs da construção civil. Embora algumas pesquisas venham abordando esse tema, é mandatária a necessidade de estudos que identifiquem o que de fato está sendo feito por construtoras brasileiras, mais especificamente nesta pesquisa, as do nordeste do país. Para que daí, sejam identificadas e propostas ações capazes de mitigar as causas de desperdícios percebidas.

A pesquisa possui limites, sendo importante estabelecer as fronteiras da abordagem proposta. Nesta direção, são firmados os aspectos inclusos no estudo. O trabalho propõe recomendações para que empresas da construção civil possam reduzir o impacto da geração de desperdícios. Considerando as especificidades regionais, este trabalho enfoca as construtoras do nordeste brasileiro. Este recorte

objetiva identificar ações não contempladas na literatura, mas que se alinham às especificidades da região. Assim, a investigação se delimita a catorze construtoras de médio porte localizadas na cidade de São Luís, no estado do Maranhão – Brasil. A pesquisa ocorreu entre os meses de agosto de 2019 à fevereiro de 2021, considerando projetos em implantação.

A fim de contribuir com as pesquisas até então desenvolvidas, realizou-se uma busca estruturada em bases de dados científicas, no intuito de identificar o maior número de trabalhos publicados, para em seguida proceder aos critérios apresentados no método desta pesquisa. Na busca utilizou-se as palavras-chave "*operational*", "*management*", "*waste*" e "*building*" ou "*construction*". As buscas foram realizadas nos sites *Scopus Elsevier* e *Science Direct Elsevier*. Percebeu-se, no entanto, que maior parte dos trabalhos, não abordou a gestão operacional em relação ao desperdício, detendo-se à metodologias para separação e reciclagem de materiais no canteiro de obra (GUERRA; LEITE; FAUST, 2020); ou aplicação de técnicas como a *Building Information Modeling* – Modelagem da Informação da Construção – BIM (SHEN; MARKS, 2016; PISHDAD-BOZORGI, 2017), por exemplo. Porém, sem o destaque para a análise da variação da complexidade de inserção de novas práticas para redução de desperdícios, em diferentes países, ou mesmo em regiões de um mesmo país. Foram encontrados um total de 22 artigos da área de engenharia que contemplassem argumentos para esta pesquisa nos últimos 10 anos, sendo que maior parte destes tratavam de revisão de literatura.

Assim, considerando a necessidade de ampliar a discussão sobre a redução de desperdício de materiais em canteiros de obras da construção civil e que a gestão operacional fundamentada em práticas adequadas para combatê-la podem preencher lacunas da literatura sobre o tema, o presente estudo objetiva responder a seguinte questão de pesquisa: **Como reduzir os desperdícios de materiais em construtoras que possuem obras distantes da sede das empresas no nordeste do Brasil?**

A investigação dessa forma apresentará ações de redução de desperdícios de materiais utilizadas nessas empresas, caso existam, assim como os resultados da inserção de novos processos nessas construtoras. Destaca-se ainda que a pesquisa terá como fator limitante, a visão e a percepção interna destas empresas em relação a seus posicionamentos e filosofia de negócios, assim como também a cultura regional.

Para responder à questão de pesquisa foi elaborado o objetivo geral que foi desdobrado em objetivos específicos.

### **1.3 Objetivos**

A seguir, descreve-se o objetivo geral da pesquisa e o seu desdobramento em objetivos específicos.

#### **1.3.1 Objetivo geral**

A pesquisa tem como objetivo geral propor um conjunto de ações para reduzir os desperdícios de materiais nas obras de construtoras da região nordeste do Brasil em canteiros de obras distantes da sede. Para alcançar o objetivo geral desta pesquisa, os seguintes objetivos específicos são propostos:

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar as causas da geração de desperdícios de materiais na construção civil;
- Identificar as barreiras que impedem a eliminação desses problemas;
- Apresentar ações de mitigação a partir dos pilares da *Lean Construction*.

### **1.4 Estrutura da pesquisa**

Como forma de facilitar a compreensão do leitor, esta pesquisa foi estruturada partindo do contexto da construção civil e sua relevância ao desenvolvimento do país, com foco no desperdício de materiais em médias construtoras do nordeste brasileiro. Na próxima seção apresenta-se a literatura relacionada com detalhes das teorias pesquisadas, seguida pela seção de Metodologia. Na sequência são apresentados os achados do estudo de campo e a discussão. O estudo é finalizado pela seção que trata das conclusões, contribuições e limitações e estudos futuros.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção apresenta a literatura acerca do desperdício de materiais na construção civil, enfatizando suas causas e estratégias para mitigação. Conforme apurado, muitas pesquisas enfocaram o desperdício de materiais em canteiros de obras. Porém, percebe-se a incipiência de pesquisas que tratem com profundidade de questões como o planejamento, a gestão de operações e o controle. Assim, considerou-se num primeiro momento a literatura sobre as causas dos desperdícios, com base em sua origem, dimensionamento, controle e manuseio de materiais em obras civis, para em seguida, considerar as estratégias para a sua redução em canteiros de obras, com ênfase na *Lean Construction*, a partir de uma abordagem capaz de auxiliar o alcance dos objetivos do presente trabalho.

### 2.1 Causas dos desperdícios

O desperdício de materiais é um dos principais causadores de prejuízos nas empresas de construção civil, considerado o grande vilão para construtoras em todo o mundo. Para uma melhor compreensão dos elementos geradores do desperdício de materiais na construção civil, esta subseção foi organizada relacionando causas como: dimensionamento de materiais ainda na fase de elaboração do projeto, seleção de materiais adequados e os desperdícios na sua execução.

Falhas na concepção do projeto, falta de um processo de gerenciamento e controle de operações inadequados são desafios enfrentados cotidianamente por profissionais da área da construção civil no que tange problemas relacionados ao desperdício de materiais (KABIRIFAR *et al.*, 2020). Ainda nesse contexto, configura como causa dos desperdícios, o desconhecimento por parte da equipe de projetos sobre características locais da obra (para a identificação de materiais adequados de acordo com a região), e ainda a disponibilidade de fornecedores. Soma-se a isso, a ausência de mão de obra qualificada para execução, em virtude muitas vezes da cultura interna da empresa (WANG *et al.*, 2019). Assim, pesquisadores tem dado especial atenção para a elaboração de estratégias voltadas para eliminação de barreiras como a falta de integração entre os profissionais envolvidos na elaboração de projetos (YUAN; WU; ZUO, 2018). É recorrente ainda, a ausência de uma gestão de controle de desperdícios na construção, que analise a execução de seus projetos,

sejam eles de construção e/ou demolição de forma a garantir a minimização de desperdícios de materiais em canteiros de obra (WU *et al.*, 2016).

A ausência de um gerenciamento focado em estratégias de supervisão e a formação profissional inadequada dificultam a tomada de decisões e o engajamento entre profissionais, aumentando entraves no sistema produtivo (UDAWATTA *et al.*, 2015). Pesquisas recentes apontam como causas de desperdícios, a ausência de pesquisas sobre o nível de comprometimento das partes interessadas, o que dificulta o alcance das metas de curto prazo e o alcance dos objetivos do plano de gerenciamento estratégico a longo prazo (ZHIQIANG, 2021). Essas causas decorrem muitas vezes da não identificação dos pontos fortes e fracos da equipe, ou falta de consideração das oportunidades que um novo alinhamento de ações da execução do projeto pode proporcionar a todos os envolvidos (YU *et al.*, 2018). A análise da literatura indica que embora existam, poucas são as práticas efetivamente percebidas no cotidiano das obras civis para redução dos desperdícios.

Os desperdícios também podem estar relacionados à seleção inadequada de materiais ou à capacidade técnica dos operários para seu manuseio nas diversas etapas da obra (MOSTAFA *et al.*, 2020). Destaca-se entre esses desperdícios, a fabricação excessiva do concreto *in loco*, elemento constituído por cimento, areia e brita, que exige habilidades técnicas e local adequado para seu preparo, exigências nem sempre atendidas em canteiros de obras (GUERRA; LEITE; FAUST, 2020). Outro fator está relacionado ao dimensionamento equivocado de elementos pré-fabricados ou pré-moldados, o que pode causar aumento de custos, retrabalho e maior tempo de execução (NIBHANUPUDI; RAHUL, 2020). Muitas vezes, essas consequências têm sua origem no curto prazo de elaboração de projetos, em falhas de comunicação entre comprador e fornecedor, ou mesmo problemas de atenção à memoriais descritivos de projetos (YU *et al.*, 2018). Nesse contexto, estudos criticam a relação entre a velocidade com a qual a construção civil vem crescendo em países desenvolvidos ou em desenvolvimento, e os reflexos negativos que essa aceleração pode trazer para o setor, caso não bem planejada (ZHIQIANG, 2021). A literatura apresenta também a necessidade de seleção e descrição minuciosa de materiais, a fim de que não ocorram problemas em suas aquisições ou transformações, evitando assim atrasos no cronograma da obra (SIEFFERT; HUYGEN; DAUDON, 2014).

Desperdícios em canteiros de obras acarretam além dos prejuízos materiais, prejuízos financeiros para construtores, tais como pagamentos de horas extras a

operários, multas por atraso de entrega de serviços e aquisição de materiais substitutos (NOWOTARSKI; PAS; MATYJA, 2016). Estas causas na maioria das vezes são decorrentes da má elaboração de projetos, falta de integração entre a equipe, escolha inadequada de materiais e ausência de compartilhamento de informações entre profissionais envolvidos (YU *et al.*, 2018). A mitigação destes problemas requer que a equipe de projetos seja constituída por profissionais qualificados para a seleção de matérias-primas capazes de reduzir o desperdício. Atendendo assim as necessidades de um ambiente de concorrência e mudança (MOSTAFA *et al.*, 2020). A análise da literatura apresentada indica que as causas dos desperdícios de materiais podem ser identificadas em todas as etapas de um projeto, desde sua elaboração, passando por etapas de execução como recebimento, armazenamento, transporte inadequado de materiais dentro do canteiro de obras, pedidos de compra mal planejados e más técnicas de execução do sistema produtivo. O Quadro 1 apresenta uma síntese das causas de desperdícios de materiais na construção civil.

Quadro 1 – Causas dos desperdícios

<b>Causas</b>	<b>Síntese</b>	<b>Referências</b>
Problemas no projeto	Falhas na concepção do projeto ou no gerenciamento e controle de operações	(KABIRIFAR <i>et al.</i> , 2020)
	Ausência de mão de obra qualificada para a execução	(WANG, J. <i>et al.</i> , 2019)
	Falta de integração entre os profissionais envolvidos na elaboração de projetos	(YUAN; WU; ZUO, 2018)
	Ausência de estratégias para a supervisão ou para a formação profissional	(UDAWATTA <i>et al.</i> , 2015)
	Desconsideração do nível de comprometimento das partes interessadas	(ZHIQIANG, 2021)
	Falta de análise dos pontos fortes e fracos da equipe, ou das oportunidades de melhoria no projeto	(YU <i>et al.</i> , 2018)
Incorreta seleção ou aplicação de materiais	Seleção inadequada de materiais	(MOSTAFA <i>et al.</i> , 2020)
	A fabricação excessiva do concreto <i>in loco</i>	(GUERRA; LEITE; FAUST, 2020)
	Pouca utilização de elementos pré-fabricados ou pré-moldados	(NIBHANUPUDI; RAHUL, 2020)
	Falhas de comunicação entre comprador e fornecedor, ou mesmo problemas de atenção à memoriais descritivos de projetos	(YU <i>et al.</i> , 2018)

	Desconsideração dos prejuízos financeiros do construtor	(NOWOTARSKI; PAS; MATYJA, 2016)
	Falta de profissionais qualificados	(MOSTAFA et al., 2020)

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 2.2 Mitigadores do desperdício de materiais

Os prejuízos gerados pelos desperdícios de materiais motivaram pesquisadores a identificar ações capazes de mitigar esses problemas, dentre as quais citam: a elaboração adequada do projeto, a escolha de materiais e foco na inovação (NOKTEHDAN *et al.*, 2019; XUE *et al.*, 2014), dentre outras.

Outros estudos aplicam os princípios da *Lean Construction* como uma ação capaz de ajudar a reduzir custos, ao mesmo tempo incrementar a qualidade e a produtividade (PISHDAD-BOZORGI, 2017). A filosofia *Lean* pode ser implantada em fases como planejamento, projeto e execução, incluindo um conjunto amplo de ferramentas capazes de aprimorar o processo de gerenciamento (CHEN *et al.*, 2019). Vale destacar que a introdução de práticas enxutas é constantemente abordada de forma variada como sendo uma técnica, ferramenta, conceito ou filosofia (BABALOLA; IBEM; EZEMA, 2019) capaz de viabilizar as metas do setor de construção e, ao mesmo tempo, reduzir os desperdícios (ZHANG; SHI, 2016).

### 2.2.1 Projeto Lean

O Lean em projetos abarca a consideração de aprendizados anteriores em uma análise preliminar do projeto, na gestão de tarefas e operações, bem como a otimização dos espaços de futuros empreendimento. No tocante aos aprendizados, o Estudo de Primeira Execução busca identificar o tempo e as particularidades de um projeto a partir da análise de um modelo já utilizado (AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019). De acordo com o estudo de Arnarsson e Hackett (2020) a implantação de estudos de primeira execução proporciona intervenções enxutas em projetos de construção. Apresentaram como resultados modelos padronizados específicos do local que podem ser aprimorados pelo conhecimento e experiência dos participantes.

A análise de um protótipo já testado e semelhante ao que se pretende pode reduzir as falhas durante a sua execução. Indo nessa mesma direção, a Evolução Comparativa realiza uma analogia entre os resultados de projetos semelhantes ou iguais, buscando introduzir técnicas e ações capazes de minimizar gastos, tempo e garantir qualidade em futuros projetos (HOSSAIN; WU; POON, 2017). Em seu estudo Chong *et al.* (2016) realizam a evolução comparativa com a finalidade de comparar o uso da Modelagem de Informações de Construção em dois projetos de infraestrutura rodoviária. Concluem que os resultados embora bastante semelhantes, tiveram como diferença as habilidades e experiências dos profissionais envolvidos em cada projeto.

A gestão de projetos Lean pode basear-se na Programação ou Planejamento Puxado, que consiste na alocação adequada de tarefas gerenciais. Essa alocação considera a dependência de cada uma das tarefas em relação a outra, seus tempos de duração e conseqüentemente o tempo total de execução (MOHAMMADI *et al.*, 2020). No estudo desenvolvido por Killian, Abdallah e Clevenger (2020) são apresentados os benefícios e as dificuldades da implementação do sistema puxado. Os autores recomendam que esse tipo de sistema depende da compreensão por todos sobre essa ferramenta e identificação de pessoas certas para o processo. Por conseguinte, o fornecimento de tempo para o planejamento, discutindo ações antes e após cada sessão; e por fim a definição de áreas de escopo, reduzindo a amplitude das sessões de planejamento.

Ainda no contexto do gerenciamento, trabalhos têm enfatizado a necessidade de estratificação de problemas complexos para posterior análise, a partir da Matriz de Estrutura de Projeto, representada por uma matriz quadrada capaz de reduzir complexidades de problemas, acatando a decisão mais acertada (ZHAO *et al.*, 2020). Arnarsson e Hackett (2020) abordam em seu estudo a necessidade de identificação de padrões a partir da fragmentação do todo em partes menores (DSM). Em sua pesquisa analisam sequências de solicitações de modificações em quatro projetos, a fim de que sejam comparados os padrões entre eles. Esses padrões poderão ser utilizados como parâmetros para análise de projetos semelhantes.

A otimização de espaços do imóvel quando da elaboração do projeto também se faz necessária. Para tanto, as empresas têm dedicado especial atenção às necessidades de seus clientes. A Oficina de Projeto se ocupa desse aspecto (ASLAM; GAO; SMITH, 2020; HOSSAIN; WU, Z.; POON, 2017) e abarca as dimensões dos mobiliários. O objetivo é aprimorar o uso dos espaços, de forma a reduzir as áreas

privativas. Tal foco é muito comum em países desenvolvidos ou em desenvolvimento, eis que contribui para atender às necessidades do contexto socioeconômico dos centros urbanos. O estudo de Thyssen *et al.* (2010) apresenta a importância da Oficina de Projeto no que tange o conceito ambíguo de valor. Essa ambiguidade deve ser discutida entre *stakeholders* envolvidos (construtor, profissionais da construção civil, clientes, equipe de vendas). Thyssen *et al.* (2010) buscam desenvolver um modelo que incorpore os valores do cliente na concepção de projetos da construção civil, sem necessidades de alterações no projeto durante a execução.

No Quadro 2, apresenta-se a síntese referente aos artigos que tratam da definição de projetos, suas descrições e fontes utilizadas.

Quadro 2 – Projetos *Lean*

Mitigador	Descrição	Fontes utilizadas
Análise preliminar	Análise de modelos semelhantes com o objetivo de minimizar gastos e tempo, bem como incrementar a qualidade.	(AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019) (HOSSAIN; WU; POON, 2017)
Gestão das atividades	Aprimoramento da alocação de tarefas considerando a dependência entre elas, o tempo de duração de cada uma delas e o tempo total de execução.	(MOHAMMADI <i>et al.</i> , 2020) (ZHAO <i>et al.</i> , 2020)
Aprimoramento do projeto	Adequar as áreas do imóvel às necessidades do comprador.	(HOSSAIN; WU; POON, 2017) (ASLAM; GAO; SMITH, 2020, 2021).

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 2.2.2 Planejamento

No contexto da *Lean Construction* questões como o controle, a programação e a gestão do tempo constituem parâmetros para um planejamento focado na qualidade. O planejamento também requer o aprimoramento do processo produtivo a partir da redução de estoques e da entrega de produtos e serviços na hora certa, sendo por isso necessária em tempos de alta competitividade a prática do *Just in time – JIT* (XING; HAO; QIAN, 2020; ZHIQIANG, 2021).

Destaca-se dentre as metodologias utilizadas no Planejamento *Lean*, o Planejamento e Programação (SIEFFERT; HUYGEN; DAUDON, 2014) caracterizado

pelo estabelecimento da relação entre a capacidade real dos recursos produtivos e suas regras operacionais, ferramentas, mão de obra e suprimentos. Essa metodologia é apresentada no estudo de Mohammadi *et al.* (2020). Os pesquisadores realizam uma analogia prática em relação a alocação de recursos para uma rodovia entre as práticas clássicas e práticas *Lean*. O modelo foi capaz de eliminar atividades sem valor, reduzir desperdícios e a complexidade operacional.

Dentre outras metodologias de Planejamento *Lean*, está o Seis *Sigma* que objetiva promover melhorias da qualidade dos *outputs* de processos. Essas melhorias têm início na identificação e na remoção da causa de defeitos, de forma a reduzir a variabilidade nos processos (AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019; SARHAN *et al.*, 2017). Estudos, como o de Sukumar e Radhika (2017) identificam o Seis *Sigma* como uma metodologia propulsora de redução de defeitos e desperdícios em obras da construção civil. Além disso a pesquisa destaca essa metodologia como capaz de proporcionar a redução de tempo e gerar o máximo valor possível ao projeto.

Destaca-se ainda em relação as práticas de gestão e controle, a importância da percepção de que quanto mais fragmentado e analisado pontualmente um projeto, maiores serão as possibilidades de identificar problemas. Destarte, mais precisas serão as definições dos objetivos e insumos necessários, essa prática surge da implantação do Breve Detalhamento (MOHAMMADI *et al.*, 2020; HOSSAIN; WU; POON, 2017). No estudo de Umar (2017) o Breve Detalhamento é abordado com foco na segurança no ambiente da construção. Em seu artigo destaca que a atenção detalhada aos riscos de cada etapa e a definição detalhada da liderança podem reduzir taxas de lesões em ambiente de trabalho.

A literatura tem dispensado grande atenção a metodologias como o Sistema de Gerenciamento Baseado em Localização e o Sistema do Último Planejador. Onde o Sistema de Gerenciamento Baseado em Localização objetiva propor processos que valorizem suas fases de iniciação, organização, preparação, execução e encerramento de forma integrada (MOHAMMADI *et al.*, 2020; HOSSAIN; WU; POON, 2017). E o Sistema do Último Planejador busca minimizar as variações no fluxo de atividades, utilizando ações simples, como o planejamento de trabalho semanal e acompanhamento contínuo de etapas (HEIGERMOSER, 2019).

Embora, cada uma das metodologias apresentadas para o Planejamento *Lean* tenha suas peculiaridades, a combinação delas pode oferecer benefícios superiores aos obtidos em suas abordagens independentes. Alguns estudos têm abordado, por

exemplo, a compatibilização das metodologias de planejamento Lean como o Sistema do Último Planejador e o Sistema de Gerenciamento Baseado em Localização. Essa possibilidade é apresentada no estudo de Seppänen e Modrich e Ballard (2015), onde essas metodologias são utilizadas respectivamente, para: o planejamento de tempo semanal, e planejamento mestre. Assim como também, no estudo de Vaidyanathan *et al.* (2016) que aborda coexistência entre o Sistema do Último Planejador e o Sistema de Gerenciamento Baseado em Localização, para coordenar efetivamente a frente de trabalho entre subcontratados. A prática possibilitou melhorias na coordenação, reduzindo problemas de comunicação, embora tenha demorado alguns meses para o convencimento dos envolvidos (proprietário, clientes, empreiteiro e subempreiteiros).

Acrescenta-se às metodologias de planejamento *lean*, a Entrega do Projeto Integrado que busca o estabelecimento de discussões entre profissionais envolvidos capazes de resultar em melhores resultados. Essas discussões têm como objetivo a integração de todos os aspectos envolvidos na obra (ASLAM; GAO; SMITH, 2020; ZUBER; NAWI, NIFA, 2019). O estudo de Govender *et al.* (2018) identificou a partir de análise de questionários respondidos por profissionais de empresas da construção civil, a eficiência da Entrega do Projeto Integrado. Descrevem, porém, como barreiras, a não identificação de vantagens pelos clientes, a resistência à mudança e a falta de conhecimentos e habilidades relacionadas aos requisitos da metodologia.

Na mesma vertente surge a adoção do Projeto Virtual da Construção, ferramenta na qual o formato virtual proporciona melhoria do trabalho colaborativo, redução de tempo e custos e possibilidade de tomada de decisões mais ágil (GETULI *et al.*, 2020). Essa metodologia proporciona descrições do projeto baseadas em computador, que possibilitam a discussão sobre especificidades da obra e o processo que a empresa e as equipes seguirão (KUNZ; FISHER, 2020). O Projeto Virtual da Construção é apresentado no estudo de Aslam, Gao e Smith *et al.* (2021) como uma metodologia potencial que pode ser associado ao sistema de entrega de projeto enxuto. Apresenta ainda as etapas de implementação para o uso eficaz de suas funcionalidades.

Com o aporte das metodologias acima citadas o Planejamento *Lean* pode gerenciar os desperdícios na construção a partir desde a concepção dos projetos (DING *et al.*, 2016; KABIRIFAR *et al.*, 2020; PRIETO, 2017). Uma boa elaboração de projetos demanda, no entanto, uma equipe cooperativa de profissionais (PRIETO,

2017). A literatura indica ainda que a integração desses profissionais pode reduzir os prejuízos relacionados aos atrasos ou ao retrabalho (NOWOTARSKI; PAS; MATYJA, 2016). A atenção à diversidade da equipe também é demandada. Profissionais de áreas diversas ajudam a desvelar alternativas para mitigar os desperdícios ou reduzir o uso de insumos desnecessários (PRIETO, 2017; YU *et al.*, 2018). A interdependência dos membros da equipe de projetos aliada ao conhecimento técnico de cada profissional contribui ainda para reduzir os custos de investimentos (YU *et al.*, 2018).

O Quadro 3 apresenta a síntese referente aos artigos que tratam da fase de projeto/planejamento apresentado acima e os autores pesquisados.

Quadro 3 – Planejamento *Lean*

Mitigador	Síntese	Fontes utilizadas
Planejamento e controle	Planejar e controlar a produção, reduzindo a incerteza das operações.	(HEIGERMOSER, 2019)
	Promover melhorias contínuas por meio da redução de estoque	(XING; HAO; QIAN, 2020) (ASLAM; GAO; SMITH <i>et al.</i> , 2020)
	Planejar a produção considerando as quantidades, dados de produtividade e uma estrutura de divisão de localização	(MOHAMMADI <i>et al.</i> , 2020) (HOSSAIN; WU; POON, 2017)
Processos	Integrar produtos e processos considerando concepção, descarte, qualidade, prazos e requisitos dos clientes	(XING; HAO; QIAN, 2020) (SARHAN <i>et al.</i> , 2017)
	Simular processo de construção de acordo com os planos, redução de riscos e cumprimento dos objetivos	(GETULI <i>et al.</i> , 2020)
	Identificar o problema através da análise do processo e propor a melhoria contínua	(SARHAN <i>et al.</i> , 2017) (AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019)
Operação	Definir de forma detalhada o desenvolvimento de um projeto, apresentando os problemas, objetivos e recursos necessários para atingi-los	(ZHIQIANG, 2021)
	Desenvolver um método de trabalho colaborativo intersetorial, onde o talento de todos os profissionais envolvidos resulte na qualidade e inovação da obra.	(ASLAM; GAO; SMITH <i>et al.</i> , 2020)

	A gestão do desperdício na construção tem início na elaboração dos projetos	(KABIRIFAR <i>et al.</i> , 2020; PRIETO, 2017; DING <i>et al.</i> , 2016)
	A integração de profissionais de áreas diversas pode reduzir os prejuízos relacionados aos atrasos e ao retrabalho.	(NOWOTARSKI; PAS; MATYJA, 2016)
	Profissionais de áreas diversas ajudam a desvelar alternativas para mitigar os desperdícios ou reduzir o uso de insumos desnecessários.	(YU <i>et al.</i> , 2018)

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 2.2.3 Oferta

Aspectos relacionados a demanda, armazenamento e transformação de materiais são fundamentais para a redução de desperdícios, e uma oferta que atenda às necessidades da demanda. Surge nesse contexto, assim como na etapa de projeto lean, o Programação/Planejamento Puxado método que visa controlar os recursos produtivos, garantindo maior rigidez na introdução de regras que tornem o processo eficaz, de acordo com o plano ou cronograma do projeto, evitando o fluxo livre (SIEFFERT; HUYGEN; DAUDON, 2014). A aplicação de adequada do Programação/Planejamento Puxado, segundo estudo de Chowdeswari, Satish Chandra e Asadi (2017) pode substituir métodos tradicionais e confusos garantindo a utilização adequada de mão de obras e recursos. Destacam ainda que o propósito do projeto não é apenas ser executado, mas sim, ser realizado de forma efetiva e eficiente.

Ainda nessa vertente, regras semelhantes são percebidas na prática da Padronização. Nessa prática, a padronização (KABIRIFAR *et al.*, 2020; JIANG *et al.*, 2019), reduz desperdícios e incrementa a praticidade do processo produtivo. Destarte, uma boa padronização demanda atenção às dimensões, critérios e padrões aceitos no design do componente do projeto e em cada operação envolvida (XING; HAO; QIAN, 2020). O estudo de Jiang *et al.* (2019) destaca a relação da padronização com a cultura como essencial para a prática de uma construção enxuta. Nessa abordagem padronização é empregada como instrumento de estruturação para operabilidade e informatização eficientes. Os pesquisadores destacam a complexidade de adaptações de novos modelos na cultura organizacional.

A oferta *Lean* destaca ainda, o Sistema *Kanban*, caracterizado por ajudar os fluxos de produção e gestão de estoque por meio de um sistema visual. Essas indicações visuais são capazes de limitar a quantidade de trabalho (AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019; SARHAN *et al.*, 2017). O Sistema *Kanban* é objeto de estudo de De La Cruz, Altamirano e Del Carpio (2020), onde propõe a aplicação de um modelo enxuto para um armazém de distribuição de materiais de construção. Esse modelo conseguiu reduzir o volume de materiais armazenado, reduzindo ainda o tempo de espera de clientes.

O Quadro 4 apresenta a síntese referente aos artigos que tratam da fase da oferta enxuta apresentado acima e as fontes utilizadas.

Quadro 4 – Oferta *Lean*

Mitigador	Descrição	Fontes utilizadas
Recursos produtivos	Controla os recursos produtivos e as regras operacionais	(SIEFFERT; HUYGEN; DAUDON, 2014)
Fluxos produtivos	Controle os fluxos de produção, garantindo uma gestão de estoques mais eficiente.	(AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019) (SARHAN <i>et al.</i> , 2017)
Padronização	Padroniza processos produtivos	(XING; HAO; QIAN, 2020; KABIRIFAR <i>et al.</i> , 2020; JIANG <i>et al.</i> , 2019)

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 2.2.4 Montagem

Um dos maiores problemas para introdução exitosa dos princípios da *Lean Construction* é a falta de flexibilidade na execução de projetos ou à adequação da equipe às novas metas (STANITSAS; KIRYTOPOULOS; LEOPOULOS, 2021). Com efeito, a promoção de mudanças no gerenciamento demanda a substituição de modelos tradicionais por modelos mais flexíveis, mais rápidos e que alcancem a satisfação de clientes. Destaca-se nesse contexto o Projeto de Valor Alvo, por objetivar atender às expectativas dos clientes, redução de desperdícios, de custos e atenção aos prazos de entrega da obra. O estudo de Álvarez-Pérez, Pellicer e Soler (2018) apresentam o custo alvo como o centro do projeto e da construção para o alcance dos valores exigidos pelos clientes. Os autores têm como objetivo convencer

o setor da construção civil espanhola sobre os benefícios do custo, tempo e qualidade possíveis a partir do Projeto de Valor Alvo.

Quando se trata de aspectos relacionados à montagem na *Lean Construction* não se pode deixar de abordar a simplificação de processos. Para tanto, é comum perceber-se construtoras utilizando a Pré-fabricação e Modularização. Nesse processo a combinação de módulos pré-fabricados de empresas terceirizadas podem reduzir os desperdícios e o tempo para execução das etapas do projeto (CHEN *et al.*, 2019). A praticidade oriunda desse processo recebe destaque no estudo de Goh e Goh (2019), ao ser apresentada com uma alternativa capaz de garantir reduções no tempo de ciclo e de processos. Além disso os pesquisadores afirmam que a pré-fabricação e a modularização garantem o aumento na eficiência do processo e na produtividade do trabalho.

Destaca-se ainda que, o uso de módulos de mesmo tamanho em várias unidades da construção permite reduzir a variabilidade, viabilizando assim a pré-fabricação e utilização em massa desses módulos (SARHAN *et al.*, 2017). Elementos modulares ajudam a evitar falhas e perda de tempo durante a execução da obra (DING *et al.*, 2016). A utilização de pré-moldados e a reutilização de agregados requer capacitação dos colaboradores e o compartilhamento de experiências entre empresas (PRIETO, 2017). Faz-se necessária ainda a utilização de linhas de fluxos capazes de modelar as unidades de produção de acordo com a complexidade de cada projeto (CARVAJAL-ARANGO; NAHMENS, 2019).

Outra prática da *Lean Construction* que vem merecendo destaque é o *Kaizen*, o qual enfoca a melhoria contínua dos processos de produção e satisfação do cliente. Essa melhoria aprimora a qualidade e reduz desperdícios por meio da adequação dos recursos humanos e materiais (AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019). Em um estudo de Omotayo, Kulatunga e Bjeirmi (2018) realizado na Nigéria, os resultados apontam que o *Kaizen* proporciona benefícios de melhoria e gestão do relacionamento, aumento da lucratividade e satisfação dos clientes.

Destaca-se nessa categoria, a metodologia Prova de erro (*Poka-yoke*) caracterizada por aplicar soluções que eliminem as chances de erro humano na produção (SINGH; KUMAR, 2021). O *Poka-yoke* é abordado no estudo de Rubio-Romero *et al.* (2019) onde destacam que é fundamental que sejam conhecidas com profundidade as falhas humanas presentes em incidentes e acidentes de trabalho. Os autores destacam ainda que a aplicação dessa prática torna-se complexa na

construção civil porque muitas atividades são baseadas em tomadas de decisões prévias. E, no entanto, essas decisões exigem um planejamento dinâmico, visto que, condições de riscos e defeitos estão em constante mudança.

Soma-se a esse contexto, porém agora com o caráter mais corretivo, o Local Real, como uma ferramenta capaz de perceber problemas e auxiliar equipes na elaboração de estratégias mais adequadas (TYAGI *et al.*, 2015). A percepção do problema permite segundo estudo de Taggart, Willis e Hanahoe (2019) a identificação do tempo perdido em execuções de obras, e a inserção de melhorias no desenvolvimento das etapas de novos processos. Os pesquisadores destacam que o Local Real se faz indispensável principalmente para construtores que trabalham com replicação de projetos.

O Quadro 5 apresenta a síntese referente aos artigos que tratam da fase da montagem enxuta apresentado acima e as fontes utilizadas.

Quadro 5 - Montagem *Lean*

Mitigador	Descrição	Fontes utilizadas
Modularização	Uso de módulos padrão fabricados em série numa unidade externa ao canteiro de obras.	(SARHAN <i>et al.</i> , 2017)
Processo	Uso do Kaizen para melhoria contínua dos processos de fabricação	(AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019)
	Detecção e solução de problemas por meio do permanente contato da chefia com as unidades produtivas (Gemba)	(TYAGI <i>et al.</i> , 2015)
Redução de erros	Desenvolvimento de soluções que previnam a ocorrência de erros na fabricação (Poka-Yoke)	(SINGH; KUMAR, 2020) (RUBIO-ROMERO <i>et al.</i> , 2019)

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 2.2.5 Execução

Um último grupo de soluções relacionadas à *Lean Construction* abarca a gestão da execução. Essas soluções incluem as práticas de Reunião Diária. Essa metodologia consiste em reuniões curtas e diárias que objetivam manter os membros de uma empresa focados nos mesmos objetivos estratégicos, possibilitando respostas rápidas em situações de pressão, além de assegurar que todos os envolvidos saibam

o que cada um está fazendo (GETULI *et al.*, 2020). O estudo de Zegarra e Alarcón (2019) destacam a importância de reuniões diárias com profissionais envolvidos na execução do projeto. Essa relevância é percebida em sua pesquisa quando aponta que cerca de 10% a 54% das falhas em execução de projetos resultam da fragilidade de do planejamento e controle da produção, provenientes de uma comunicação falha.

Essa preocupação em desenvolver nas pessoas a capacidade de discussões tem possibilitado a inserção da *Lean Construction* a partir de outras práticas, como a Gestão da Qualidade Total (SARHAN *et al.*, 2017) que tem como objetivo agregar qualidade aos processos organizacionais a partir da conscientização dos colaboradores.

O estudo de Kiew, Ismail e Yusof (2015) apresenta a importância da TQM diante o aumento da inovação tecnológica em projetos na construção civil. Destaca ainda a preocupação com as fases de execução que possam gerar problemas de atraso, orçamento excessivo e baixa qualidade, que poderá ser minimizada por essa metodologia.

Essa busca em atuar no comportamento das pessoas é presente também na Manutenção Total Produtiva/Preventiva (AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019; MISHRA *et al.*, 2021). A TPM busca engajar as pessoas aos processos, gerando melhor manutenção preventiva e maior produtividade. Nesse processo os próprios trabalhadores são responsáveis pela manutenção de seus equipamentos. Essa ação gera a minimização de paradas para manutenção que podem causar prejuízos no cronograma da obra, por exemplo.

O estudo de Agustyady e Cudney (2018), enfatizam a manutenção autônoma, enfatizando a manutenção proativa e preventiva. Os autores contribuem com a literatura, pois além de apresentarem a relevância dessa metodologia, apresentam um guia de implementação de todo o seu processo.

Soluções relacionadas a execução *lean* serão viabilizadas com maior eficácia, caso a equipe esteja capacitada à uma tomada de decisão, a partir de propostas que criem valor ao processo e ao produto final, satisfazendo o cliente, como propõe a Gestão Baseada em Valor (GETULI *et al.*, 2020; AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019).

O estudo de El-Sayed (2016) destaca a importância do valor dado ao projeto ou produto pelo cliente final. Esse valor deve ser considerado desde a fase de iniciação e o fluxo de valor deve permanecer durante a concepção, desenvolvimento

e finalização. Os autores garantem que a participação de clientes é fundamental para o sucesso do projeto.

Considerando, no entanto, que a indústria da construção civil se caracteriza por uma cadeia de suprimentos onde fornecedores e clientes finais representam suas extremidades, práticas como o Trabalho em Equipe e Parceria pressupõem o desenvolvimento de parcerias entre esses extremos, constituindo assim um elo capaz de garantir resultados mais próximos dos esperados pela indústria da construção (ASLAM; GAO; SMITH, 2020).

A pesquisa de Chen *et al.* (2019) aponta que a falha de parceria em projetos de construção está relacionada a ausência de agilidade, barreiras de colaboração e parceria de gerenciamento organizacional. Destacam ainda, que a correção desses fatores é a base para o sucesso das relações na indústria da construção civil. O Quadro 6 apresenta a síntese referente aos artigos que tratam da Execução *Lean*.

Quadro 6 – Execução *Lean*

Mitigador	Descrição	Fontes utilizadas
Gestão da rotina	Expor problemas, ações, metas e níveis de desempenho do processo em murais, propiciando um gerenciamento ágil	(ZHAO <i>et al.</i> , 2020) (Li, 2017) (SIEFFERT; HUYGEN; DAUDON, 2014) (AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019)
	Identificar problemas a partir de reuniões diárias e apropriar respostas rápidas em situação de pressão	(GETULI <i>et al.</i> , 2020).
	Engajar líderes e trabalhadores na avaliação de desempenho e aprimoramento da segurança e qualidade de vida.	(GETULI <i>et al.</i> , 2020)
Meio-ambiente	Atenção ao meio-ambiente, de formas a minimizar o impacto negativo da construção civil no mesmo.	(GETULI <i>et al.</i> , 2020)
	Utilização de materiais reciclados para mitigar perdas e impactos ambientais	(NOWOTARSKI; PAS; MATYJA, 2016)
	Reutilizar os resíduos de canteiros de obra em outras aplicações.	(KABIRIFAR <i>et al.</i> , 2020).
Qualidade	Agregar qualidade aos processos a partir da conscientização de colaboradores	(SARHAN <i>et al.</i> , 2017)
Manutenção	Engajar as pessoas no processo de manutenção com o objetivo de aumentar a produtividade	(AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019)

Gestão do valor	Desenvolver habilidades para uma tomada de decisão e consequente criação de valor	(GETULI <i>et al.</i> , 2020) (AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019)
Parceria na cadeia	Desenvolver parceria intensiva desde o primeiro fornecedor até o cliente final	(ASLAM; GAO; SMITH, 2020)

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 2.3 Modelo conceitual com base na literatura

Foi conveniente após a identificação e análise da literatura sobre as causas dos desperdícios na construção civil, selecionar aquelas de maior relevância, identificando mitigadores para esse problema a níveis social e econômico. Embora todos esses estudos apresentem inestimável valor, percebeu-se algumas lacunas que mereceram atenção nesta pesquisa. Essa relação estabelecida entre a análise da literatura e suas lacunas sugeriu um modelo conceitual com base na literatura, aqui composto de dois elementos: causas e mitigadores de desperdícios. Estudos até então desenvolvidos enfocaram as causas do desperdício como resultado de problemas de projetos, de seleção ou aplicação de materiais, e a presença de mão de obra desqualificada. Em contrapartida outros estudos buscam apresentar aspectos capazes de mitigar esse desperdício em obras da construção civil, tais como: equipes multidisciplinares integradas, escolha e uso correto de materiais, e fluxo de operações adequado. A filosofia *Lean* tem sido aliada de muitas pesquisas como forma de garantir a mitigação de desperdícios, a partir do uso adequado e reduzido de recursos. A seguir apresenta-se a análise da literatura e identificação de lacunas fundamentais para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Os estudos até então desenvolvidos enfocaram as causas do desperdício como resultado de problemas de projetos, seleção ou aplicação de materiais e ausência de mão de obra qualificada. Apesar da validade desses estudos, a literatura não indica como causas: a fragilidade das discussões e apresentação dos projetos a todos os envolvidos, e nem os prejuízos que os desperdícios podem gerar a nível empresarial e social. Busca-se assim, apresentar ações capazes de minimizar a complexidade da integração dos profissionais na elaboração e execução de projetos da construção civil, a partir de uma comunicação efetiva, que possibilite a compreensão de todos (gestores, engenheiros, arquitetos, fornecedores), a partir de metodologias adequadas. Outras abordagens trataram de aspectos capazes de mitigar os

desperdícios em obras de construção civil, como a constituição de equipes multidisciplinares, escolha e utilização adequada de materiais, compartilhamento de experiências, e elaboração adequada do fluxo de operações em unidades de produção. Não obstante a importância desses estudos, a literatura não indica a necessidade de associar às equipes multidisciplinares uma hierarquia capaz de manter coeso o processo de desenvolvimento do projeto, através da associação a cada nível (frentes de trabalho) de um representante capaz de estabelecer relações com outro representante de uma etapa de produção posterior ou anterior, de forma a consolidar ferramentas de controle e acompanhamento mais efetivas. Equipes constituídas por profissionais diversos podem perder o alinhamento da proposta, caso a flexibilização desejada não tenha parâmetros de até onde cada profissional possa chegar.

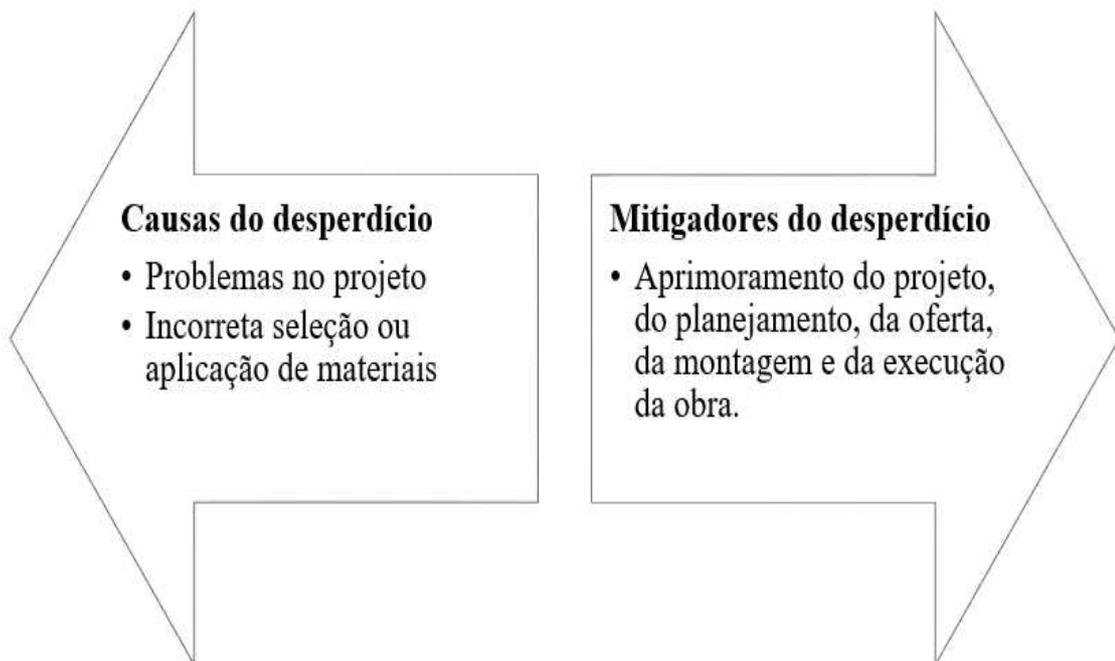
Uma outra vertente de pesquisadores desenvolveu estudos que abarcam a importância da análise preliminar, com foco em estudo de mercado, necessidades do cliente e experiência da equipe de trabalho, assim como também a relação entre as tarefas e o tempo gasto em sua execução. Apesar da validade desses estudos, a literatura não apresenta a necessidade de adequação dessas ações à realidade local, cultural, capacidade de atendimento às demandas por fornecedores locais e atenção a profissionalização de trabalhadores. Essa realidade é ainda mais impactante quando as obras deixam os centros urbanos e adentram regiões rurais.

São abordadas na literatura questões como o controle e planejamento da produção e controle do estoque. Estudos abordam a importância da simulação de processo de produção com base em projetos semelhantes. Nessa mesma linha, outros trabalhos enfocaram aspectos voltados ao processo produtivo a partir do controle dos recursos, regras operacionais, fluxos de produção e controle de estoques, destacando a importância da padronização dos processos produtivos. Apesar da validade desses estudos, a literatura não indica estratégias capazes de propor a associação da padronização com a flexibilidade, o que poderá reduzir os desperdícios de tempo, material e mão de obra, custos com transportes de materiais e terceirização. Haja visto que questões relacionadas a cultura local ou empresarial, o local de implantação da obra, recursos disponíveis a nível tecnológico ou humano, poderão tornar complexa a inserção de metodologias padronizadas no sistema produtivo.

A literatura apresenta os benefícios que a modularização pode trazer para a redução de desperdícios em canteiros de obras, a partir da proposta de programas de qualidade, quase sempre relacionados a *Lean Construction*. No entanto, merecem atenção a construção de modelos que permitam a coexistência de duas ou mais ferramentas da filosofia *Lean*. Estudos até então desenvolvidos enfocaram aspectos voltados a complexidade do gerenciamento de pessoas e suas percepções que podem agregar ou não valor às propostas da empresa, sejam empregados, fornecedores ou clientes finais (YUAN; WU; ZUO, 2018; UDAWATTA *et al.*, 2015). Não obstante a discussão e alinhamento de ideias são apontados como fundamentais para o alcance de qualquer meta, nesse estudo dar-se-á atenção especial a redução de desperdícios. Apesar da validade desses estudos, a literatura não apresenta as dificuldades encontradas pelos gestores na administração dessas questões, sob o aspecto motivacional e integrativo.

A análise da literatura revisada e das lacunas sugeridas na literatura permitiu a elaboração do seguinte modelo conceitual com base na literatura (vide Figura 1).

Figura 1 – Modelo conceitual com base na Literatura



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

### 3 MÉTODO

Nesta seção apresentam-se os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa realizada em empresas da construção civil no nordeste do Brasil. Descrevem-se as etapas seguidas pela seleção das empresas e dos entrevistados. O processo de coleta de dados também é apresentado, assim como a técnica de análise dos dados utilizada.

#### 3.1 Desenho da pesquisa

Esta pesquisa empregou uma abordagem qualitativa como forma de identificar como construtoras do nordeste brasileiro vem reagindo aos impactos do desperdício de materiais em canteiros de obras. A construção deste estudo deu-se a partir de uma revisão sistemática de literatura sobre a relevância da redução do desperdício de materiais na construção civil, seguida de um estudo de caso múltiplo. Esse tipo de estudo de caso foi selecionado, pois a pesquisa contém mais de uma unidade de análise (PATTON, 2002). A metodologia adotada permitiu descrições detalhadas de fenômenos baseados em fontes de dados diversas (YIN, 2009). A literatura evidencia como estudos de caso qualitativos podem desenvolver e oferecer *insights* detalhados, desvelando a complexidade e reflexão sobre os processos organizacionais e individuais (EISENHARDT, 1989; MILES *et al.*, 2015). A análise do estudo de caso desenvolvido ocorreu em empresas de médio e grande porte do ramo da construção civil. Destaca-se ainda, que o estudo de caso foi escolhido por ser o meio mais apropriado para entender fenômenos novos, possibilitando explicar melhor como e por que ocorrem (PATTON, 2002). A metodologia de estudo de caso permitiu ainda, aprimorar discussões acerca dos desperdícios de materiais na construção civil, a partir de achados relevantes desta pesquisa (CORBIN; STRAUSS, 1990), provenientes de instrumentos de coleta de dados, tais como análise de projetos, entrevistas, questionários, observações etc. (EISENHARDT, 1989; YIN, 2009). A utilização desses instrumentos pôde nos aproximar ao máximo da realidade e da veracidade das informações por meio das técnicas de triangulação (STAKE, 1996; YIN, 2009). O processo detalhado é explicado na sequência.

### 3.2 Coleta de dados

O estudo de caso múltiplo foi conduzido em catorze construtoras, a fim de que fossem identificadas novas práticas para a redução de desperdícios na execução de projetos. O critério para escolha das empresas foi baseado em: serem detentoras de certificação de programas de qualidade; terem relação direta com o Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Maranhão (SINDUSCON/MA); e seus portes segundo classificação do SEBRAE. As empresas da construção civil selecionadas estão localizadas na cidade de São Luís, estado do Maranhão, região nordeste do Brasil. Dentre as catorze empresas pesquisadas, duas delas atuam, também, fora do Estado. As empresas se enquadram como de médio e grande porte, por apresentarem de 300 a 1.000 funcionários. As construtoras que participaram da pesquisa atuam na construção de empreendimentos residenciais, predominantemente condomínios e, também, centros comerciais. Duas delas atuam também na esfera pública, tendo todas elas autonomia para a gestão de mudanças que proporcionem maiores vantagens competitivas e financeiras. O estudo exigiu profundo envolvimento do pesquisador devido à complexidade do objeto estudado e número de unidades envolvidas. A seleção das empresas se deu com base nas características comuns, tais como porte, tipos de serviço prestado e, também, nas necessidades percebidas nessas empresas. Dentre essas necessidades, destaca-se a inserção de novas práticas de gerenciamento que contemplem redução de desperdícios de materiais em obras da construção. Características comuns contribuem para a generalização dos resultados, de frente para a seleção dos casos genéricos (MILES *et al.*, 2015, 2008). Participaram da pesquisa 28 profissionais, dentre os quais engenheiros e arquitetos. O perfil das empresas e dos entrevistados são apresentados no Quadro 7 e Quadro 8, respectivamente.

Quadro 7 – Perfil das empresas

<b>Construtoras</b>	<b>Atuação no mercado (anos)</b>	<b>Sede</b>	<b>Projetos</b>
Construtora 1	28	São Luís-MA	Obras públicas e privadas como prédios, hospitais e fábricas; obras de infraestrutura, saneamento e urbanização.
Construtora 2	35	São Luís-MA	Instalações comerciais, industriais e edifícios de médio e alto padrão.
Construtora 3	43	São Luís-MA	Construção de edifícios de luxo, condomínios horizontais e verticais; conjuntos residenciais; obras públicas e industriais.
Construtora 4	18	São Luís-MA	Edifícios residenciais verticais sustentáveis de luxo.
Construtora 5	53	São Luís-MA	Empreendimentos residenciais e comerciais de alto padrão ////com foco na sustentabilidade.
Construtora 6	20	São Luís-MA	Instalações industriais; comerciais e residenciais; e infraestrutura urbana e industrial.
Construtora 7	23	São Luís-MA	Prédios comerciais, residenciais e shoppings.
Construtora 8	10	São Luís-MA	Condomínios residenciais, prédios comerciais, reformas.
Construtora 9	8	São Luís-MA	Residências, condomínios, edifícios comerciais.
Construtora 10	10	São Luís-MA	Condomínios verticais e horizontais
Construtora 11	11	São Luís-MA	Edifícios residenciais verticais de alto e médio padrão.
Construtora 12	10	São Luís-MA	Moradias populares, condomínios, escolas públicas, praças etc.
Construtora 13	12	São Luís-MA	Condomínios residenciais, prédios comerciais etc.
Construtora 14	05	São Luís-MA	Casas, edifícios comerciais e estradas

Fonte: Elaborado pelo autor.

O critério para escolha dos entrevistados se deu em função da experiência dos participantes. Para este estudo definiu-se que os entrevistados precisariam ter tempo mínimo de 5 anos na função de engenheiro ou arquiteto na empresa pesquisada.

Quadro 8 – Perfil dos entrevistados

Descrição do grupo	Grupo	Idade (anos)	Tempo na empresa (anos)
<b>Engenheiros Civis</b>	E1	50	20
	E2	45	21
	E3	38	11
	E4	42	9
	E5	45	16
	E6	40	8
	E7	46	6
	E9	45	7
	E10	39	8
	E11	49	10
	E12	47	7
	E13	42	8
	E14	38	5
	<b>Arquitetos</b>	A1	50
A2		38	8
A3		30	6
A4		40	6
A5		41	8
A6		50	10
A7		36	7
A8		40	10
A9		35	9
A10		34	5
A11		44	10
A12		36	8
A13		38	6
A14		41	7

Fonte: Elaborado pelo autor.

A coleta de dados abarcou entrevistas gravadas com engenheiros e arquitetos, análise de projetos em algumas das empresas e observação participante (YIN, 2009). A diversidade de fontes de evidências permitiu a triangulação dos achados (STAKE, 1996; YIN, 2009). A triangulação nesta pesquisa contou com a (i) análise de projetos, com foco nos orçamentos previstos e nos realizados; (ii) entrevistas com engenheiros; e (iii) entrevistas com arquitetos. Conforme a literatura, a triangulação aprimora os resultados por meio da confrontação dos achados à luz da realidade dos processos (GIBBERT; RUIGROK, 2010). Os questionários utilizados no estudo foram elaborados considerando os objetivos da pesquisa e o levantamento teórico realizado. Para a coleta de dados, as perguntas foram baseadas na revisão de literatura, conforme o

Quadro 9. Estes questionamentos se concentram na mitigação dos desperdícios de materiais na construção civil.

Quadro 9 – Questões formuladas

<b>Desperdícios</b>	<b>Fator</b>	<b>Questão</b>
Causas	Problemas no projeto	1. Como um projeto mal elaborado pode gerar desperdícios na construção civil?
	Incorreta seleção ou aplicação de materiais	2. Como os problemas relacionados à seleção ou à aplicação dos materiais pode gerar desperdícios na construção civil?
Mitigadores	Projeto	3. Como sua empresa busca aprimorar o projeto para mitigar o desperdício de materiais? 4. Como sua empresa poderia aprimorar os resultados dessa ação?
	Planejamento	5. Como sua empresa busca aprimorar o planejamento da obra para mitigar o desperdício de materiais? 6. Como sua empresa poderia aprimorar os resultados dessa ação?
	Oferta	7. Como sua empresa busca aprimorar a oferta para mitigar o desperdício de materiais? 8. Como sua empresa poderia aprimorar os resultados dessa ação?
	Montagem	9. Como sua empresa busca aprimorar a montagem para mitigar o desperdício de materiais? 10. Como sua empresa poderia aprimorar os resultados dessa ação?
	Execução da obra	11. Como sua empresa busca aprimorar a execução da obra para mitigar o desperdício de materiais? 12. Como sua empresa poderia aprimorar os resultados dessa ação?

Fonte: elaborado pelo autor

As entrevistas foram concluídas em fevereiro de 2021. Em larga escala as entrevistas foram precedidas de visita a sede das empresas, e em menor escala também em acompanhamento de atividades em canteiro de obras. A coleta de dados envolveu entrevistas semiestruturadas com os participantes, assim como também o acesso a projetos em 2 das empresas pesquisadas. A análise desses projetos possibilitou verificar-se as vantagens e desvantagens de ferramentas utilizadas, visto

que as duas construtoras, uma em fase de implantação do BIM, e outra que terceiriza eventualmente essa ferramenta já percebem as vantagens da Modelagem de Informação da Construção sobre o Autocad, uma vez que permite uma maior acurácia dos resultados percebidos. As últimas entrevistas (quatro delas) foram realizadas de forma virtual devido a pandemia Covid-19. O autor realizou as entrevistas, e anotou de todas as informações relatadas, nos casos em que as entrevistas não puderam ser gravadas. Após as entrevistas, os dados foram analisados aplicando análise qualitativa de conteúdo (MILES; HUBERMAN; SALDANA, 2014).

Considerando que em uma mesma empresa foram entrevistados sob um mesmo contexto, arquitetos, engenheiros e realizada a análise de documentos acessíveis (projetos), o autor realizou a triangulação, garantindo assim a confiabilidade dos achados e validação dos construtos (EISENHARDT, 1989; GIBBERT; RUIGROK, 2010; YIN, 2009). O guia para as entrevistas semiestruturadas proporcionou descrições detalhadas. A transcrição das entrevistas e dos documentos coletados proporcionou transparência das informações coletadas (YIN, 2009). Por fim, os achados coletados foram comparados com os a revisão de literatura realizada. Estes achados foram catalogados em grupos de forma que pudessem contribuir com a literatura acadêmica, com empresários e profissionais da construção civil.

### **3.3 Confiabilidade, credibilidade e replicabilidade**

Para a garantia de replicação futura (CORBIN; STRAUSS, 1990; EISENHARDT, 1989), a pesquisa contou com a resultados oriundos de múltiplos locais, assim como, com a variabilidade de profissionais da construção civil (engenheiros e arquitetos), a fim de que fosse possível apropriar-se ao máximo de resultados possíveis sobre as ações mitigadoras que vêm sendo desenvolvidas por empresas da construção civil no nordeste do Brasil. De acordo com essa lógica, o fato de engenheiros e arquitetos participarem da pesquisa, permitiu identificar a percepção do problema sobre diferentes nuances, proporcionando a replicação futura desta pesquisa e maior segurança nas conclusões. A análise dos achados incluiu a apresentação destes aos entrevistados, a partir da transcrição de entrevistas gravadas para o Word. Esta ação proporcionou credibilidade ao estudo, visto que os participantes tiveram a oportunidade de concordar ou não com os resumos apresentados de suas falas, em relação a suas opiniões, sentimentos e experiências.

Essa exatidão, e aceitação por parte dos entrevistados garantiram credibilidade a pesquisa (CORBIN; STRAUSS, 1990). A fim de garantir a confiabilidade (HIRSCHMAN, 1986; WALLENDORF; BELK, 1989) da pesquisa utilizou-se técnicas de triangulação (STAKE, 1996; YIN, 2009), onde o confronto de opiniões oriundas de duas ou mais fontes garantem a convergência ou divergência de posicionamentos, garantindo a confiabilidade da pesquisa. Os documentos revisados foram então apresentados aos entrevistados. Os aspectos de integridade incluem anonimato e padrões éticos.

## 4 ACHADOS

A análise dos dados coletados nas entrevistas desvelou as causas dos desperdícios de materiais na construção civil, bem como os mitigadores destas causas. Dentre as ações mitigadoras de maior relevância estão a atenção para o projeto, e um planejamento que mapeie o DM desde a concepção até a finalização do projeto, como forma de reduzi-lo e ainda evitar perdas financeiras para construtores. Destarte, é mandatário o desenvolvimento de ações que culminem na redução desses desperdícios. Conforme percebido, ações como essas só poderão de fato acontecer a partir da iniciativa de empresários do setor. Como alternativas para mitigação das causas de desperdícios de materiais de construção em canteiros de obras utilizou-se como base a filosofia *Lean*.

### 4.1 Causas dos desperdícios de materiais na construção civil

Parte dos desperdícios de materiais tem sua origem na não adequação de projetos a realidade do local onde a obra será realizada, ou da relutância dos empresários em investir em tecnologias que promovam uma maior acurácia entre o elaborado e o executado. Conforme apurado, algumas construtoras preferem desenvolver ações corretivas durante o processo de execução das obras (ao invés de aplicar novas tecnologias ou adotar as melhores práticas apresentadas na literatura). A partir de informações obtidas em pesquisa de campo foram obtidos os achados descritos no Quadro 10.

Quadro 10 – Causas de desperdícios de materiais

Causas	Síntese
Problemas no abastecimento	Inexistência ou deficiência de fornecedores.
Problemas no projeto	Interpretações variadas de projetos.
	Percepção do projeto como custo e não investimento.
	Resistência a inserção de novas tecnologias para elaboração de projetos.
	Ausência de padronização de ferramentas e processos para elaboração e gestão de projetos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os achados revelam que o DM de construção resulta em parte da atenção incipiente dispensada à adequação dos projetos a capacidade de fornecedores locais disponíveis, ou mesmo de impossibilidade de armazenamento adequado de materiais. A análise documental revelou que as construtoras atuam em diversas cidades do estado, onde as limitações em relação a cadeia de suprimentos e as especificações de materiais variam muito. Essas variações estão relacionadas a insumos disponíveis diferentes dos especificados no projeto, falta de capacidade de atendimento às demandas, entre outros. Com efeito, a distância geográfica dos melhores fornecedores ao local da obra demanda a contratação de provedores de material local. Essas limitações acarretam questões como necessidade de adequação de materiais em meio à execução da obra, onde não havendo a mesma referência dimensional ou de qualidade (item similar), será necessária a retirada e colocação de outro, ocasionando desperdício e prejuízo à construtora. Toma-se o caso de blocos de concreto, que com resistências a compressão variáveis (*fbk*) – Norma ABNT NBR 6136:2016, quando não encontrados no local da obra são substituídos com outro de características aproximadas, que ocasionam a adequação do projeto no canteiro de obras. Outro exemplo são os dimensionais dos tijolos. Essa necessidade de readequação e retrabalho é um fator preocupante para engenheiros e arquitetos como seguem nos relatos:

“Na verdade, o projeto é algo/ que precisa ser bem estudado, precisa de tempo, de análise. Considerar o ambiente, local da obra, a capacidade de fornecedores e qualificação de mão de obra são fundamentais. As vezes tentávamos implantar projetos idênticos em cidades diferentes, mas na hora da execução percebíamos que não existiam fornecedores no entorno e que o deslocamento desses materiais da capital sairia caro demais.” (A5).

“A falta de conhecimento das características do local onde será construído, identificação de fornecedores, são problemas muito comuns na execução de projetos.” (A3).

“Os projetos são elaborados, e embora bem dimensionados, muitas vezes os fornecedores potenciais que temos não podem nos atender em tempo em outros municípios, o que nos obriga a adquirir materiais de fornecedores da região que muitas vezes não condizem com as especificações originais do projeto, ocasionando as vezes a substituição completa de uma etapa já em andamento.” (E6).

“A fragilidade de fornecedores, a falta de capacidade de atendimento a medida em que necessitamos de materiais, ocasiona a compra em quantidade superior a necessária naquele momento, o que causa as vezes perda até mesmo por conta de forma de armazenamento, por exemplo de argamassas e cimento, ou em outras vezes prejuízos no cronograma da obra, por se ir adquirindo aos poucos sem um pronto-atendimento.” (E13).

“Por vezes contratamos parceiros da capital para entrega dos materiais em outras cidades, mas na maior parte das vezes não dá certo, pois o material demora chegar e temos que adquirir outros materiais de última hora no local. Tivemos casos em que tivemos que substituir parte de tijolos estruturais por tijolos de alvenaria, para que a obra pudesse ser entregue no tempo certo”. (A2).

“Já tivemos casos de desperdícios em obras públicas no interior do estado, a gente fez a cotação de preços de fornecedores locais, eles atenderem as primeiras demandas, mas depois não conseguiram entregar o restante do material necessário, isso nos causou problemas no prazo e também por termos que adquirir o produto em outras cidades, custos com frete, deslocamento e até substituição de parte do revestimento de pavimentos da obra”. (E5).

De acordo com os achados, o DM também pode ser resultado de um projeto elaborado sem o devido detalhamento (por vezes, de informações óbvias), o que pode levar o pessoal de campo a executá-lo de forma equivocada, em virtude de interpretações diferentes daquelas que conceberam o projeto. Os achados destacam que mais de 80% das empresas apresentam problemas na execução do projeto por imperícia na interpretação por responsáveis de canteiros de obras, ocasionando retrabalhos recorrentes e DM. Muitas vezes, essas falhas são decorrentes da desatenção a símbolos e legendas, primordiais, por exemplo, para as estruturas de concreto, como rebaixos, desníveis, furos e vazios. Há casos ainda, em que um projeto elaborado adequadamente pode ser mal interpretado pelo executor por falta de habilidade para tal, como pode-se perceber nos relatos a seguir:

“Um projeto que não esteja bem elaborado ou não descreva claramente suas especificações pode ter leituras diferentes por profissionais que o executam, levando a erros na execução, perda de materiais e tempo. Isso era muito comum quando não interagíamos em grupo, hoje buscamos também entrar sempre em contato com fornecedores próximos ao local da obra, se possível.” (E8).

“Já tivemos problemas com projetos mal elaborados várias vezes aqui. Por isso quando aceitamos propostas de outras construtoras para dar suporte como parceiros, antes pedimos para avaliar todo o projeto, e em seguida nos reunimos com profissionais da outra empresa para alinhar. A gente faz isso porque teve casos em que por exemplo os materiais que adquirimos, que estavam nas especificações não eram adequados para as fundações naquele terreno, e tivemos que usar o dobro do material especificado.” (E11).

“Falta de conhecimento do projeto, da sua concepção, e atenção a detalhes importantes. Falta integração entre a equipe, o que é complicado, os engenheiros geralmente acham desnecessários alguns pontos do projeto, o modificam e com isso acabam fugindo do projeto, do orçamento e gastando mais material do que o necessário. O mesmo infelizmente pode acontecer na via oposta, o engenheiro projeta e o arquiteto ou mestre de obras acha algo desnecessário e assim vai.” (A2).

A pesquisa desvela ainda que construtores não consideram a associação de maior tempo para elaboração do projeto como algo que agregue valor e garanta retorno financeiro a empresa. Desta forma, preferem investir menos tempo em projetos e mais tempo na execução, considerando a prevalência de ações corretivas (retrabalho) em relação às ações preventivas (estudo mais aprofundado do projeto). Essas ações corretivas, além de gerar desperdícios, podem interferir na qualidade do produto final. A exemplo têm-se, a sobreposição de pisos, por um erro operacional, ou por impossibilidade de aquisição de produto com as mesmas especificações do já aplicado. Correções como essa podem resultar no comprometimento do pé direito da obra, e ainda reduzir o conforto no ambiente construído. Seguem os depoimentos dos pesquisados sobre a questão de investimento em projetos:

“Sinceramente, com o fluxo de obras que temos aqui, não gastamos tanto tempo com projetos, preferimos repetir projetos daqui da capital em outras cidades. Será que vale a pena? Realmente, sei que é importante, mas hoje estamos mais voltados para a execução de obra, mas quando analisamos projetos de terceiros, os engenheiros fazem daqui fazem uma avaliação.” (E12).

“Como replicamos projetos as chances de um que já foi aplicado não dar certo são mínimas, e as mudanças de um pra outro são bem sutis.” (A13).

“Trabalhamos com projetos, principalmente de obras públicas, embora a gente trabalhe também com obras particulares, então os projetos em maior parte chegam prontos. Nós não temos infelizmente dado a atenção merecida aos projetos, isso é fato, e aqui quase ninguém, a não ser uma ou duas empresas.” (E14).

Destaca-se ainda como achado desta pesquisa, a falta de investimentos em tecnologias capazes de proporcionar um melhor dimensionamento de projetos, menos tempo na sua elaboração e execução, e redução de desperdícios. Esta causa está relacionada a ausência da busca por uma maior acurácia no planejamento, que pode ser resultado da fragilidade ou obsolescência dos processos até então utilizados. Os achados indicam que no Maranhão, mais de 92% das empresas, ainda utilizam o *Autocad* como ferramenta para elaboração de projetos, sendo necessária uma força tarefa para realização de cálculos desnecessários, que resultam em falhas de dimensionamento e desperdício de tempo e de materiais, como pode-se perceber nos relatos seguintes:

“Acredito que a falta de investimento em novas tecnologias pode ser um dos problemas de falhas em execução de obras, por exemplo até hoje aqui ainda trabalhamos com o *Autocad*, e sabemos que poderíamos gastar menos tempo com o BIM, que tem uma série de programas com o *Revit* e o *Archicad* que nos deixam bem perto da realidade, mas enfim ainda não os utilizamos.” (A1).

“Indiretamente investimos em tecnologia de projetos sim, mas não como deveríamos, pois terceirizamos os serviços e empresas que utilizam o BIM, transcrevem os projetos que enviamos em *Autocad*, pois não temos aqui profissionais que saibam utilizar a ferramenta.” (E1).

“Muita gente tem falado no BIM, já tentamos implantar, mas voltamos atrás, pois todos nós trabalhamos com o AutoCAD há décadas, e a implantação do BIM é cara, e não temos profissionais que o utilizem aqui na empresa. Mas vamos precisar agora, pois trabalhamos com obras públicas, e vai ser uma exigência utilizar o BIM.” (E13).

“O negócio do projeto é que ele é fundamental, mas não temos muito tempo para ele, e vamos ajustando uma coisa ou outra na obra, a gente falha as vezes, mas tem dado certo.” (E14).

Os achados identificam ainda, problemas relacionados a falta de padronização de processos, nas etapas de elaboração e execução de projetos, em função da variabilidade de ferramentas utilizadas por uma mesma empresa na elaboração de projetos, em detrimento da definição da supremacia de uma ferramenta sobre a outra. Uma das empresas pesquisadas está implantando o BIM (*Building Information Modeling*), mas esta implantação tem apresentado problemas. Conforme apurado, apenas 1 de seus profissionais de projetos utiliza os processos BIM, e os outros 4 ainda estão na utilização do *Autocad*, por não terem iniciado nenhuma especialização para o uso da nova tecnologia, o que causa um desvio padrão muito grande na produtividade desse pessoal, em relação a variável tempo de elaboração do projeto. Como percebe-se a seguir:

“Aqui na empresa somos 3 arquitetos e 5 engenheiros, e aqui somente um colega arquiteto utiliza o BIM, os outros ainda utilizam o *Autocad*, eu até tentei, mas demanda tempo, terei que parar para aprender e acabei desistindo, mesmo sabendo que é o melhor.” (A3).

“Nós utilizamos o *Autocad* em 90% dos projetos, outros projetos, ou parte deles são terceirizados e utilizam programas do BIM; ou então encaminhamos os projetos em *Autocad* para conversão em BIM, a gente não conseguiu ainda aderir 100% ao BIM, isso demanda tempo.” (E11).

## 4.2 Mitigadores de desperdícios de materiais na construção civil

Com base nas causas de desperdícios de materiais, foram identificados mitigadores capazes de contribuir com estudos acadêmicos e com a comunidade local. Para tanto, esta pesquisa tomou como base os mitigadores *Lean* apresentados na revisão de literatura. O Quadro 11, apresenta uma síntese desses mitigadores para posterior apresentação detalhada deles.

Quadro 11 – Mitigadores de desperdícios de materiais

Mitigador	Síntese
Priorização dos fornecedores locais	Adequação do projeto à capacidade dos fornecedores locais.
Gestão de projetos	Alinhamento na interpretação dos projetos pelas partes envolvidas.
	Percepção do projeto como etapa que agregue retorno financeiro.
	Inserção de novas tecnologias para elaboração de projetos.
	Padronização de ferramentas e processos para elaboração e gestão de projetos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Os achados revelam a necessidade de aprimoramento nas relações com os fornecedores locais (mesmo que esses fornecedores sejam eventuais). Esse aprimoramento pode proporcionar um melhor resultado na implementação de projetos. Sendo assim, duas empresas consultadas já vêm introduzindo parcerias com fornecedores de cidades vizinhas a seus canteiros de obras, ainda na fase de concepção do projeto. Cita-se o caso de uma delas, que atua na Baixada Maranhense, região composta por pelo menos cinco cidades com distâncias inferiores a 80 quilômetros do local da obra. Essa parceria objetiva garantir uma vantagem competitiva a todos, e também a unicidade ou a adequação das características dos produtos/projetos, evitando assim o futuro DM. Participantes enfatizam ainda, que a seleção de fornecedores deve atender de forma plena e no tempo certo (*just in time*), os quantitativos de materiais especificados no projeto. Essa prática de entrega de produtos na hora certa deve se ajustar a capacidade real dos recursos produtivos, regras operacionais, etc., garantindo a prática. Os achados desta pesquisa contribuem com a literatura que trata da *Lean Construction*, quando apresentam novas alternativas para implementação de metodologias como o Planejamento e Programação e o Trabalho em Equipe e Parceria, na realidade de algumas empresas investigadas conforme, relatos a seguir:

“Para melhorar os resultados, buscamos fornecedores que possam atender no tempo certo do cronograma a entrega de materiais.” (E10).

“[...] a elaboração do projeto é a origem de tudo, questões como o tamanho da obra, localização, definição de material e fornecedores são prioridades.” (E5).

“Em relação a redução de desperdícios a logística baseada em um levantamento da quantidade de materiais adequada e na disponibilidade de fornecedores faz que com nosso planejamento tenha permitido menores custos, melhor controle da utilização de matéria prima e redução de prejuízos.” (A11).

“Quando as obras são muito distantes da capital, como na Baixada Maranhense, por exemplo, onde temos várias cidades próximas, fechamos parcerias com associação de empresas de materiais de construção e esses fornecedores se associam para atender as demandas de nossas obras, eles se organizam e se alinham de acordo com as especificações de materiais solicitados, mas nem sempre é possível.” (E8).

“A grande questão é que a gente precisa que nossas necessidades sejam atendidas em tempo real. Não podemos ficar sem material, mas também não temos como estocá-lo.” (E13).

“Temos buscado estabelecer parceria com associações locais para utilização de matérias primas locais.” (A8).

“Nós estamos trabalhando junto com outras construtoras, duas parceiras, na identificação de fornecedores em cidades próximas, ali na região da Baixada Maranhense. A gente identifica fornecedores e compartilha entre a gente. Um tipo de política de indicação, aí todo mundo ganha. Inclusive tinham lojas de materiais de construção que tinha dificuldade de acesso às construtoras. Agora acabou isso.” (E11).

A partir da análise cruzada dos dados identificou-se que um relevante mitigador para o problema do DM é a integração entre alguns *stakeholders*, dentre os quais clientes, construtores, engenheiros, arquitetos e fornecedores envolvidos no empreendimento. Essa integração consiste na aplicação *Lean* da metodologia de Oficina de Projeto, capaz de incorporar os valores dos clientes, sem alterações no projeto durante a construção. Ainda no contexto da filosofia *Lean*, percebem-se nos achados que podem agregar contribuições a literatura referente à Entrega do Projeto Integrado, com foco na necessidade de discussões e assertividade de melhores decisões. Ademais, os achados acrescentam a literatura do Projeto de Construção Virtual, quando enfatizam a necessidade de alinhamento do projeto entre engenheiros, arquiteto e outros profissionais, com foco em execução de projetos em obras distantes da sede das empresas. Destarte, o sucesso do projeto depende de questões como: conhecimento técnico da equipe de projetos; clareza na elaboração e interpretação do projeto pela equipe de execução e seleção e aplicação adequada dos recursos disponíveis no canteiro de obra, tanto em relação a materiais quanto a mão-de-obra, além de atenção a fomentadores motivacionais para todos os envolvidos. O alcance desse sucesso deve ser resultado de discussões que possibilitem focar membros dessas construtoras em um mesmo objetivo. Percebe-se nos achados que profissionais buscam se reunir para discutir assuntos relacionados

aos projetos. No entanto, sem uma periodicidade definida, que poderia se ajustar a práticas como Reunião Diária. Uma outra situação identificada nos achados foi em relação a necessidade de profissionalização do pessoal da obra. Uma captação adequada poderia garantir a adequação de recursos humanos a cada atividade específica, metodologia que caracteriza o *Kaizen*. Os achados indicam que existe a necessidade uma interpretação alinhada do projeto, até mesmo por fornecedores, minimizando problemas tanto em relação a falhas de aquisição de materiais junto a fornecedores, quanto à aplicação de materiais no canteiro de obras.

“O projeto é o ponto de partida, nele que a nasce a obra. Se ele não é bem elaborado, alguma coisa vai sair errado na execução, e corrigir erros, sempre terá como consequência o retrabalho, desperdício de materiais e mais custos. O alinhamento de ideias dos profissionais é essencial para reduzir esses erros, mas temos muita dificuldade de aplicar essa ideia”. (A4).

“Estamos trabalhando, sempre que possível com a mesma equipe, engenheiros, arquitetos e até mesmo fornecedores, pois eles precisam compreender com clareza o que precisamos, e que precisamos deles. Essa é nossa política motivacional.” (E2).

“Aqui nós temos uma equipe de engenheiros e 1 arquiteto, os projetos daqui são feitos incluindo todos os profissionais, e as vezes antes mesmo do início da obra chamamos os mestres de obras mais experientes para discutir as etapas de execução e definição de pessoal adequado para o campo.” (E11).

“O que estamos tentando fazer é manter uma equipe alinhada, experiente, capaz de identificar melhores soluções e oferecer um projeto de qualidade ao cliente. Ultimamente temos dado maior atenção ao contratar profissionais principalmente para o canteiro de obras, onde os problemas parecem ter maiores proporções”. (E13).

“Temos dedicado um tempo até superior em relação ao que era dado para a essa etapa de projetos. Nós temos tentado superar problemas como a qualificação de pessoal, principalmente nas obras do interior. Para isso contamos com um banco de dados que é alimentado por construtoras parceiras e daí, conseguimos por meio de referencias recrutar melhor o pessoal, isso melhora a qualidade da obra. Nesse banco de dados tem-se informações do trabalhador, nesse banco constam somente profissionais que atenderam às expectativas das empresas.” (E13).

“A gente sempre trabalha em equipe. Iniciamos o projeto arquitetônico e os engenheiros já sugerem adequações a fim de que não tenhamos desperdícios e retrabalhos”. (A3).

Um relevante mitigador está na necessidade de maior atenção ao tempo de elaboração do projeto, que vem sendo negligenciado por maior parte das empresas deste estudo. No entanto, esta mudança só será possível se empresários da construção civil modificarem essa concepção, visto que, efeitos negativos como desperdícios e prejuízos só poderão ser minimizados com o desenvolvimento de um projeto que atenda todas as etapas clássicas dessa ferramenta: como análise,

viabilidade, escopos etc. Os achados indicam que os projetos muitas vezes são baseados em outros semelhantes, como forma de reduzir o tempo em sua elaboração, e eliminar erros anteriores. Algumas empresas têm utilizado serviços terceirizados de compatibilidade de ferramentas, do *Autocad* para o BIM, a fim de que sejam identificadas alternativas capazes de reduzir custos e desperdícios. Dessa forma percebem no BIM, uma alternativa capaz de inserir metodologias que minimizem erros e perdas como o Estudo de Primeira Execução e a Evolução Comparativa, associadas ao uso da Matriz Estruturada de Projeto ou do Breve Detalhamento, a partir da filosofia *Lean*. Os achados mostram que engenheiros e arquitetos entrevistados percebem a necessidade de investimento em tecnologia para melhoria dos projetos. No entanto, apenas uma empresa vem investindo efetivamente nesse sentido, e em apenas 20% de sua equipe de projetos; e uma outra construtora vem terceirizando parcialmente projetos em 3D de empresas de outros estados, essa realidade evidencia uma resistência cultural a introdução de novas tecnologias. A seguir relatos de engenheiros e arquitetos sobre esse mitigador:

“Realmente, sei que é importante, mas hoje estamos mais voltados para a execução de obra. Vez por outra quando executamos projetos de terceiros, nós realizamos antes uma breve análise.” (E12).

“Nós não temos infelizmente dado a atenção merecida aos projetos, isso é fato, e aqui em São Luís quase ninguém, a não ser uma ou duas empresas.” (E14).

“Sabemos que poderíamos gastar menos tempo com o BIM, que tem uma série de programas com o *Revit* e o *Archicad* que nos deixam bem perto da realidade, mas enfim ainda não os utilizamos.” (A1).

“Terceirizamos os serviços e empresas que utilizam o BIM, transcrevem os projetos que enviamos em *Autocad*, por falta de qualificação para o uso do BIM por nossa equipe.” (E1).

“Sempre que possível buscamos analisar cada projeto com a participação de todos envolvidos, até aqueles terceirizados, ou então, quando parte da equipe é nossa e parte de outra empresa. Acreditamos que quanto mais analisamos por partes, mas problemas são identificados e eliminados.” (E10).

“Temos trabalhado muito em cima do que falhamos antes, para que se possa diminuir os erros. Para isso contamos, como a parceria até mesmo de fornecedores, para que sejam identificadas situações como, o porquê do não cumprimento do cronograma das obras, foi em virtude do mal planejamento ou problemas com a entrega de materiais?” (E8).

Os achados também apontam para a necessidade de padronização dos processos de planejamento e elaboração de projetos em empresas da construção civil como forma de minimizar problemas como desperdícios e comprometimento de

custos e qualidade de projetos. Esses achados se fazem mais relevantes ainda, quando se confrontam com a indiferença por parte de quase totalidade dos entrevistados, em relação a inserção de tecnologias que possam reduzir até 30% dos custos de suas obras.

A definição de um padrão único poderá garantir maior segurança na execução de investimentos da construção civil. Ademais, a inserção de novas tecnologias se tornará ponto chave para a Gestão da Qualidade Total. Essa metodologia *Lean*, no entanto, só será exitosa se efetivas forem as habilidades necessárias a profissionais de projetos a partir de cursos de capacitação e especialização. A literatura aponta a inclusão de novas tecnologias como elemento crucial para a minimização de desperdícios e outros prejuízos na construção civil. No entanto, apenas uma das empresas investigadas já iniciou o processo de padronização, em parceria com uma construtora de outro estado, da qual já terceirizava serviços. Os achados indicam que no estado da pesquisa ainda existem poucos profissionais capacitados para o uso da ferramenta. Destaca-se que, embora maior parte das empresas não estejam voltadas para estas propostas, profissionais por iniciativa própria têm custeado seus aperfeiçoamentos. A seguir os relatos de profissionais sobre esse mitigador.

“Acredito que se trabalhássemos com o BIM somente e de forma padronizada, seria maravilhoso, mas precisamos pensar em como qualificar o resto da equipe, e isso é um investimento alto.” (A13).

“Nossa equipe é formada por profissionais com muita experiência, com mais de 20 anos de mercado e outros com 5 anos, a gente percebe a forma como cada qual gerencia seus projetos, e as vezes acontecem conflitos, talvez pela falta de uma proposta definida para elaboração de projetos. (E13).

“Estou fazendo um curso de *Revit* por conta própria, pois sei que o mercado vai exigir o uso dessas ferramentas, e por enquanto a empresa não vai investir, pois infelizmente ela ainda não utiliza.” (A11).

### **4.3 Análise entre causas e mitigadores**

A análise dos achados deste estudo indica que, muitas são as causas relacionadas ao desperdício de materiais em canteiros de obras de empresas da construção civil, dentre elas algumas se destacaram nesta pesquisa. Destarte, com base nas causas e mitigadores destacados nas duas subseções anteriores, apresenta-se no Quadro 12, a relação entre eles, de forma que sejam perceptíveis as

ações apresentadas nesta pesquisa para minimização de desperdícios de materiais na construção civil.

Quadro 12 – Causas, mitigadores e ações

CAUSAS	MITIGADORES	AÇÕES
Deficiência na qualificação dos fornecedores locais.	Adequação do projeto à capacidade dos fornecedores locais.	Parceria com fornecedores eventuais e utilização de materiais alternativos.
Incorreta interpretação dos projetos por parte dos fornecedores eventuais.	Alinhamento na interpretação dos projetos.	Esclarecimento aos envolvidos de todas as definições do projeto.
Percepção do projeto como custo e não investimento.	Percepção do projeto como etapa que agregue retorno financeiro.	Análise do custo-benefício de aquisição de novas ferramentas considerando a realidade do cenário investigado.
Ausências de padronização de ferramentas e processos para elaboração e gestão de projetos.	Padronização de ferramentas e processos para elaboração e gestão de projetos.	Unificação de tecnologias e processos que garantam maior acurácia ao planejamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 12 apresenta as principais causas e os mitigadores que permitem adequar ou modificar metodologias de projetos, a partir de um planejamento que atenda às necessidades de acompanhamento das demandas do mercado. Decerto, a utilização de tecnologias mais eficazes pode mitigar problemas como alinhamento de informações do projeto, além de proporcionar aos construtores a possibilidade de um planejamento com maior acurácia, a partir da padronização dos processos e da análise custo-benefício, de tecnologias utilizadas no mercado da construção civil.

Ações com a parceria com fornecedores eventuais podem garantir a possibilidade de construtoras com obras distantes de suas sedes serem abastecidas em um sistema *just in time*, capaz de atender a demanda das construções e a continuidade de etapas da obra com os materiais determinados no projeto inicial, sem a necessidade do retrabalho em função da retirada de materiais já aplicados para substituição por outros. Nessa mesma linha surge a identificação de matéria-prima dessas regiões, capazes de atender as necessidades de fornecedores locais por

preços mais acessíveis e ainda contribuir com a continuidade das obras sem falhas no abastecimento, por tratar-se de matéria-prima em abundância.

A prática de uma interpretação alinhada do projeto, poderão garantir menores prejuízos em obras distantes das sedes das construtoras, visto que quanto mais discutido for o projeto, menores serão as falhas de execução e conseqüentemente os desperdícios de materiais que tanto prejudicam o setor da construção civil. Ressalta-se que ações desse tipo reduziram problemas principalmente em obras distantes das sedes das construtoras, onde em maior parte das vezes, há uma carência de qualificação.

Soma-se a todo esse contexto a necessidade de ações que abordem a mitigação de causas de desperdícios de materiais à necessidade de compreensão de empresários sobre o projeto, como algo que agregue o valor ao produto. Para tanto, mais pesquisas devem ser realizadas sobre a comparação de ferramentas diversas de projeto capazes de garantir maior acurácia no seu planejamento.

Ainda nessa linha, ações mitigadoras como a implantação de processos de padronização, a partir da identificação dos recursos materiais e humanos existentes nas construtoras do nordeste do Brasil, que possuem obras distantes de suas sedes poderão contribuir com a execução de projetos que apresentem menores desperdícios e dimensionamentos mais assertivos em obras da construção civil.

## 5 DISCUSSÃO

Os achados sugerem que o DM pode resultar da pouca atenção dispensada a projetos por parte de construtoras e projetistas da construção civil. Deveras, por melhor que seja o processo para elaboração do projeto, de nada valerá sem um planejamento adequado. Essa conclusão contribui com a literatura (PISHDAD-BOZORGI, 2017) ao indicar que falhas entre o alinhamento de projeto e o planejamento da execução da obra podem gerar barreiras para a minimização de desperdícios de materiais (YUAN; WU. H.; ZUO, 2018; NOWOTARSKI; PAS; MATYJA, 2016; ZHENG *et al.*, 2018).

Destacam-se ainda a fragilidade na captação de fornecedores locais capazes de atender em tempo as demandas da obra (especialmente daquelas mais distantes dos fornecedores homologados). Este estudo contribui ao indicar que essa fragilidade leva a aquisição de quantidade de materiais superiores as necessárias para cada etapa da obra, gerando perdas e desperdícios (SAKUNDE, 2017; ZHANG *et al.*, 2016). Os achados indicam ainda aspectos culturais que priorizam ações corretivas (em detrimento das preventivas); Essa conclusão contribui ao indicar que a cultura local bloqueia a realização de investimentos em novas práticas de elaboração de projetos e padronização de processos (YU *et al.*, 2018; KABIRIFAR *et al.*, 2020). A análise desses achados contribui ainda ao indicar que empresários não conseguem perceber o projeto como um investimento, mas sim como um custo sem retorno significativo, aspecto que agrega um novo impeditivo a outros apresentados na literatura (MOHAMMADI *et al.*, 2020; HOSSAIN; WU; POON, 2017; GETULI *et al.*, 2020; SARHAN *et al.*, 2017). A combinação das causas acima parece incrementar o DM.

A busca por mitigadores do DM revelou que o aprimoramento de ações gerenciais pode minimizar esse problema na construção civil. Destarte, além dos pontos acima destacados, foi necessário identificar quais práticas da filosofia *Lean* (BABALOA; IBEM; EZEMA, 2019) vêm sendo implementadas nas empresas deste estudo, ou mesmo se essas empresas têm dispensado a devida atenção a essas práticas.

A confrontação dos achados com a literatura e suas contribuições seguem nos parágrafos seguintes, estruturados em três grupos.

## 5.1 Primeiro grupo de achados

O primeiro grupo de achados trata da necessidade de adequação do projeto e planejamento às características de fornecedores locais; e a determinação de uma cadeia de suprimentos eficiente.

Conforme verificado, os construtores ainda se prendem a parcerias com fornecedores das cidades sede, que não conseguem muitas vezes atendê-los no tempo certo ou com custos de transporte atrativos. A análise desses achados sugere a importância da adaptação do projeto e do planejamento aos fornecedores do entorno da obra, a partir de associações que garantam um atendimento *just in time*, característico das práticas da *Lean Construction* (YU *et al.*, 2018; SARHAN *et al.*, 2017; NOWOTARSKI; PAS; MATYJA, 2016; WANG *et al.*, 2019; SIRAJ; FAYEK, 2019; NIBHANUPUDI; RAHUL, 2020). No caso dos tijolos, parece ser mais econômico adequar o projeto e o planejamento a esses fornecedores locais do que incorrer em riscos relacionados à ruptura nas entregas para locais remotos. Ademais, esses achados contribuem ao sugerir que a formação de *clusters* de fornecedores locais beneficia tanto as construtoras quanto os provedores de material, ao mesmo tempo que evidencia a Responsabilidade Social dessas empresas com a economia local (ULUTAS *et al.*, 2016). Também é necessária a seleção de materiais por níveis de perecibilidade, considerando tempo e armazenamento. Assim, materiais como cimentos e argamassas deverão ser adquiridos de fornecedores locais. A compra desses materiais pode reduzir o desperdício e aprimorar a relação custo-benefício nas obras remotas do nordeste brasileiro (PISHDAD- BOZORGI, 2017; KABIRIFAR *et al.*, 2020). Parcerias entre construtores e fornecedores se alinham à proposta do Lean (ASLAM; GAO; SMITH, 2020).

As descobertas destacam ainda, que a identificação de uma *cadeia de suprimentos* (GETULI *et al.*, 2020; AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019; ZHIQIANG, 2021) alternativa poderá minimizar custos e desperdícios utilizando matéria prima local (fibras do babaçu, tronco do buriti) em abundância em algumas cidades. Destaca-se no Maranhão, as fibras do coco babaçu. A utilização deste material vem ocorrendo, mesmo que de forma tímida em alguns projetos habitacionais populares, como forma de reduzir os custos e atender às demandas da obra. Esse achado contribui ao sugerir que a atenção a matérias primas alternativas pode reduzir

o DM e viabilizar a entrega do empreendimento em tempo hábil (SIEFFERT; HUYGEN; DAUDON, 2014).

## 5.2 Segundo grupo de achados

O segundo grupo de achados aborda o projeto sob o ponto de vista da qualificação profissional; de sua interpretação pelas partes envolvidas; de sua importância para empresários (construtores). Essa abordagem contribui com a literatura ao apresentar como as construtoras maranhenses se alinham às práticas Lean, dentre as quais, se cite a Oficina de Projeto (HOSSAIN; WU; POON, 2017; ZHIQIANG, 2021).

Os achados revelam que construtoras têm resistido em implantar práticas integrativas de pessoal e flexibilização do planejamento (YUAN; WU; ZUO, 2018; NOWOTARSKI; PAS; MATYJA, 2016), de forma que atenda às necessidades de cada projeto (YU *et al.*, 2018; AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019; SARHAN *et al.*, 2017), como um produto exclusivo. Em contraponto, os achados revelam que os profissionais têm buscado, mesmo de maneira tímida, adaptar-se à prática de projetos integrados. Essa integração ajuda a minimizar custos, tempo e desperdícios de materiais. Essa busca vem ocorrendo por meio de especializações custeadas por eles próprios (ZHENG *et al.*, 2018; NOWOTARSKI, PAS, MATYJA, 2016). Ambos os achados contribuem quando indicam a necessidade de estudos que abordem a fragilidade de projetos (PRIETO, 2017; YU *et al.*, 2018; MOSTAFA *et al.*, 2020) como fruto de questões negativas relacionadas ao gerenciamento. Com efeito, essas questões não podem ater-se ao limite de profissionais da empresa. Os achados contribuem ainda ao indicar as dificuldades de compreensão de especificações do projeto por parte dos fornecedores. Indicam ainda que essas dificuldades são comuns em empresas fornecedoras onde a mão de obra é menos qualificada (WANG *et al.*, 2019; PRIETO, 2017; YU *et al.*, 2018), acentuando-se à medida que cresce a distância das sedes das empresas compradoras localizadas em centros urbanos e os fornecedores mais distantes da construtora. Destarte, a aplicação de práticas Lean, como o Sistema de Gerenciamento Baseado em Localização (MOHAMMADI *et al.*, 2020; HOSSAIN; WU; POON, 2017) poderá garantir que as etapas do projeto ocorram de forma integrada minimizando dificuldade de compreensão dos projetos pelos envolvidos.

Estando reconhecida a importância da interpretação alinhada do projeto pelos *stakeholders*, urge que se adeque os processos às necessidades e fragilidades do mercado. Dessa forma, metodologias com a Reunião Diária (GETULI *et al.*, 2020) e o Kaizen (AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019) podem propiciar redução de desperdícios e outros prejuízos.

O segundo grupo de achados indica que, embora profissionais da área de projetos ratifiquem a necessidade de novas tecnologias (WANG, J. *et al.*, 2019; YUAN; WU; ZUO, 2018); a percepção negativa do valor agregado pelo projeto por parte de construtores é uma realidade latente do estado do Maranhão. Conforme apurado, os construtores preferem não investir capital em projetos por acreditarem não se tratar de um investimento e sim numa aplicação de capital sem retornos financeiros relevantes. Isso era inesperado, pois a literatura indica a necessidade de adequação constante das metodologias para elaboração de projetos (PRIETO, 2017; KABIRIFAR *et al.*, 2020; WU *et al.*, 2016), inclusive da adoção da filosofia *Lean*, a partir de metodologias como o Projeto Virtual da Construção (GETULI *et al.*, 2020), que proporciona num formato virtual, facilidades para um trabalho colaborativo, e tomadas de decisões mais ágeis.

Embora a literatura aponte a necessidade de inovação em projetos (PISHDAD-BOZORGI, 2017; HOSSAIN; WU; POON, 2017) para redução de DM, empresários não apresentam interesse na implantação de plataformas mais modernas de planejamento e execução em suas construtoras. Parte deles, percebem a terceirização (CHEN *et al.*, 2019) desses serviços com a melhor alternativa. A combinação desses achados (resistência a inserção de novas tecnologias e terceirização) contribui com a literatura (NOKTEHDAN *et al.*, 2019; PRIETO, 2017; YU *et al.*, 2018; MOSTAFA *et al.*, 2020) ao apontar a terceirização como uma ação paliativa para as construtoras. Essa ação, no entanto, poderá ou não ser substituída por uma ação definitiva. Caberá no entanto, analogias da relação custo-benefício (PISHDAD-BOZORGI, 2017) da terceirização de processos *versus* implantação de processos em construtoras maranhenses, a fim de que empresários possam tomar a melhor decisão.

### 5.3 Terceiro grupo de achados

O terceiro grupo de achados trata de aspectos relacionados à padronização; e inserção de novas tecnologias em empresas da construção civil, como pontos-chave para a Gestão da Qualidade Total (SARHAN *et al.*, 2017).

Um dos achados apresenta a padronização como uma alternativa capaz de minimizar DM decorrentes de diferentes interpretações acerca dos projetos e garantir um processo de tomada de decisão mais assertivo (SIEFFERT; HUYGEN; DAUDON, 2014). Esse achado contribui com a literatura ao sugerir a importância da atenção aos motivadores, aspecto negligenciado em estudos prévios (JIANG *et al.*, 2015; CAMARINI *et al.*, 2020; AKANBI; OYEDOLADO; STEVEN, 2019). Contribui ainda indicar a necessidade de atenção à capacidade dos fornecedores locais (em especial os distantes dos centros urbanos das sedes das empresas). Destarte, algumas construtoras vêm apostando no uso de materiais alternativos locais (YU *et al.*, 2018) capazes de substituir materiais industrializados. Essa conclusão contribui ao indicar a necessidade de se elaborar projetos individualizados para cada região. Percebe-se, no entanto, que a introdução de metodologias padronizadas em empresas com uma cultura rudimentar enraizada por questões regionais, não apresentarão a mesma facilidade de implantação quando comparadas a empresas que já perceberam que a inovação se constitui numa importante vantagem competitiva (XUE; ZHANG; YANG; DAI, 2014; NOKTEHDAN *et al.*, 2019). Este achado contribui ao sugerir uma barreira para a padronização nas construtoras localizadas em locais mais distantes dos grandes centros (JIANG *et al.*, 2019; KABIRIFAR *et al.*, 2020).

Identificou-se que nas empresas maranhenses predominam ferramentas de elaboração de projetos tradicionais como o *AutoCad* (STANITSAS; KIRYTOPOULOS; LEOPOULOS, 2021; WANG, J. *et al.*, 2019). Trata-se de ferramentas que estão perdendo importância há mais de uma década em países como o Reino Unido e Singapura (REIVENTING, 2017; ZHANG *et al.*, 2016; ZHENG *et al.*, 2018; WU *et al.*, 2016). Uma alternativa melhor para as empresas do setor é utilizar o *BIM – Modelagem de Informação da Construção*. Contudo, o BIM é usado apenas por 15% das empresas investigadas nesta pesquisa. Ademais, metade das empresas usuárias fazem uso da referida ferramenta por meio de serviços terceirizados. Este achado contribui ao revelar que a terceirização de serviços pode alavancar o uso do BIM em regiões com oferta de mão-de-obra qualificada. (WANG *et al.*, 2019; PISHDAD-

BOZORGI, 2017; NOKTEHDAN *et al.*, 2019). A alternativa da terceirização pode ainda qualificar e agilizar o projeto e o planejamento de obras, bem como reduzir os desperdícios de materiais em regiões distantes dos grandes centros urbanos. A implantação de novas soluções em regiões remotas deve ser acompanhada da qualificação de pessoal. Sem tal qualificação, os empresários tendem a refutar as novas soluções. (BABALOLA; IBEM; EZEMA, 2019; STANITSAS; KIRYTOPOULOS; LEOPOULOS, 2021).

A pesquisa contribui ainda ao apontar outras dificuldades de implementação do BIM por construtoras: desinteresse em função de custos de implantação e dificuldade para envolver fornecedores distantes das sedes das empresas. Tal conclusão contribui ao indicar que a utilização do BIM pode ser alavancada por informações acerca de sua contribuição para a lucratividade dos empreendimentos analisados. Essas informações podem motivar os empresários a investir em modernas soluções ou na qualificação de pessoal (PRIETO, 2017; YU, *et al.*, 2018).

A pesquisa também revela alguns dados interessantes. Os custos de um mesmo projeto em Autocad (2D) e em Revit (3D) são aproximadamente 10% menores na segunda solução. Essa conclusão evidencia uma maior eficiência na utilização dos insumos em projetos baseados no *Revit* (em comparação ao *Autocad*). Nesse aspecto, tal resultado sugere que o uso do BIM carrega um potencial considerável de se obter economias de escala na elaboração de projetos de engenharia – mesmo em regiões que possuam as restrições indicadas neste estudo. Destarte, a redução do custo médio das obras pode justificar os custos de capacitação de pessoal, ajudando a incrementar os lucros das empresas que fizerem uso de softwares como o (*Revit*). Esse achado pode contribuir com a literatura ao quantificar os benefícios do Bim em regiões distantes dos centros urbanos (GETULI *et al.*, 2020).

## 6 CONCLUSÃO

As contribuições teóricas, implicações gerenciais, as sugestões de futuros estudos e as limitações deste estudo são apresentadas neste capítulo.

### 6.1 Contribuições acadêmicas

O desperdício de materiais (DM) é uma realidade que assombra empresários, pesquisadores e demais *stakeholders* da construção civil. Assim, urge identificar ações que impeçam a vultuosidade de DM atualmente verificada na construção civil em todo o mundo. Esta pesquisa teve como objetivo propor um conjunto de ações para redução dos desperdícios de materiais nas obras de médias construtoras da região nordeste do Brasil em canteiros de obras distantes da sede. Para tanto, estabeleceu relações entre a literatura e os achados, a partir de práticas relacionadas a filosofia *Lean*. Os achados desvelaram contribuições sob o ponto de vista acadêmico, capazes de alavancar novas práticas em empresas da construção civil do mesmo porte e localizadas em regiões como a investigada. Tal alternativa ajuda a aprimorar a seleção e uso de materiais. Essas contribuições apresentam perspectivas de “como construtoras podem utilizar processos e novas metodologias de elaboração de projetos para mitigar o DM”, e ainda, a redução de tempo e custos relacionados ao retrabalho, que geram atrasos no cronograma e comprometimento da imagem da empresa. As ações identificadas sugerem uma sequência para adequação de processos capazes de garantir vantagem competitiva às construtoras.

Primeiro devem ser identificados os fornecedores locais potenciais. Feito isso, construtoras precisam estabelecer metodologias adequadas para análise e interpretação de projetos de forma clara para todos os interessados (construtores, engenheiros, arquitetos, fornecedores etc.). Por fim, a escolha e padronização de processos que garantam a redução de desperdícios de materiais, de modo mais acurado. Ademais vale, dispensar atenção às questões como a falta de investimento em tecnologias e capacitação de pessoal, em virtude da cultura interna das construtoras; ou da ausência de um gerenciamento focado em estratégias de supervisão adequadas para o processo de redução de desperdício e outros prejuízos inerentes a esse.

## 6.2 Contribuições ao setor da construção civil

Em nível empresarial, esta pesquisa desvelou alternativas para a minimização do desperdício em obras da construção civil. Essa minimização contribuirá para reduzir os custos incorridos pelas médias construtoras maranhenses, bem como para incrementar a eficiência produtiva e viabilizar a oferta de seus produtos. A combinação desses elementos permitirá às empresas oferecer produtos a preços mais competitivos, desafio este apresentado na literatura.

Os achados deixam evidentes os prejuízos causados por desperdícios de materiais em canteiros de obras da construção civil, assim como a necessidade de readequação de práticas de elaboração, e execução de projetos capazes de controlar e minimizar esse problema, muito comum em países desenvolvidos ou em desenvolvimento. Percebe-se também, que a questão cultural e a resistência de empresários do ramo, em trabalhar de forma efetiva ações preventivas, ocasionam uma onda de ações corretivas associadas a prejuízos como: o desperdício, perda de tempo e atraso no cronograma, retrabalho, e outros aspectos que podem comprometer até mesmo a imagem da organização.

Destarte, este estudo apresenta algumas sugestões aos gerentes (empresários, engenheiros e arquitetos) interessados na redução de desperdícios de materiais na construção. De maneira geral, sugere-se que profissionais da área de planejamento e projetos da construção civil estejam atentos para as questões como o tempo para elaboração do projeto, de modo que todas as possibilidades de execução sejam avaliadas até a exaustão; considerando questões como adequação do projeto a capacidade dos fornecedores locais, e sua compreensão pela equipe de trabalho. Além disso, recomenda-se o investimento em qualificação da equipe de projetos como forma de garantir mão de obra adequada para a elaboração e execução dos mesmos.

É importante que existam profissionais selecionados, capazes de multiplicar informações inerentes aos projetos, e ainda supervisionar e controlar o uso de materiais, visto que a falta de qualificação profissional é um dos pontos mais destacados em relação ao desperdício de materiais na construção civil.

### 6.3 Limitações e estudos futuros

Como qualquer estudo, esta pesquisa apresenta algumas limitações que podem servir como indicações para estudos futuros. Primeiramente, vale lembrar que esse foi um estudo de caso múltiplo e qualitativo com resultados obtidos de um número limitado de empresas da construção civil, em um único estado do nordeste do Brasil, aqui representadas por seus engenheiros e arquitetos. Pontua-se ainda que outro aspecto se refere às limitações críticas que alguns dos entrevistados possam ter tido por serem funcionários dessas construtoras e visarem a não exposição das mesmas, embora se tenha criado um ambiente de confiança propício para esse fim. Além disso, apesar de todas as empresas terem o mesmo porte e sede na mesma capital, as mesmas atuam em municípios com desenvolvimento urbano variáveis, no que tange economia local e capacidade de fornecedores, o que gerou uma maior complexidade na análise da investigação.

Futuras abordagens podem contribuir com a literatura aprofundando a pesquisa em relação à redução de desperdícios de materiais na construção civil, destacando: os níveis de importância do projeto com base na essência de sua significação, considerando-o exclusivo, mesmo que esteja enquadrado no contexto de replicação de unidades; a apresentação de metodologias capazes de reduzir os efeitos de desperdícios a partir de um planejamento que priorize a qualificação de mão de obra e o investimento necessário em novas tecnologias. Estudos do tipo *Survey* poderiam contribuir para identificação de novas práticas em empresas de construção civil que propiciem o aprimoramento de projetos e do planejamento, a fim de sejam minimizados os prejuízos relacionados ao desperdício de materiais em obras da construção civil.

Considera-se então que a prioridade de mudança no cenário da construção civil está pautada na política de valorização do projeto com especificações claras e assertivas, de priorização do planejamento adequado a prazos e custos, e utilização de metodologias que permitam melhores resultados no desenvolvimento dos trabalhos em um ambiente de mudanças latente. Mas, para isso, é preciso que haja envolvimento dos profissionais da construção civil, a fim de que o combate ao desperdício aconteça.

Estudos que abordem a interface da engenharia civil com outros ramos da engenharia, podem também propiciar a percepção de novas alternativas de

gerenciamento capazes de aliar conhecimentos de áreas específicas, cita-se, a engenharia de produção e sistemas, que apresenta uma série de oportunidades capazes de contribuir com profissionais da construção civil de forma a minimizar os desperdícios de materiais em obras civis.

## REFERÊNCIAS

- AGUSTIADY, T. K.; CUDNEY, E. A. Total productive maintenance. **Total Quality Management and Business Excellence**, 2018.
- AKANBI, O. A.; OYEDOLAPO, O.; STEVEN, G. J. Lean Principles in Construction. In: **Sustainable Construction Technologies**, 2019.
- ÁLVAREZ-PÉREZ, M. Á.; PELLICER, E.; SOLER, M. J. Target value design a different way of approaching the constructive process in Spain. **Journal of Modern Project Management**, 2018.
- ARNARSSON, Í. Hackett Ö. *et al.* Modeling industrial engineering change processes using the design structure matrix for sequence analysis: A comparison of multiple projects. **Design Science**, 2020.
- ASLAM, M.; GAO, Z.; SMITH, G. Exploring factors for implementing lean construction for rapid initial successes in construction. **Journal of Cleaner Production**, 2020.
- ASLAM, M.; GAO, Z.; SMITH, G. **Integrated implementation of Virtual Design and Construction (VDC) and lean project delivery system (LPDS)** *Journal of Building Engineering*, 2021.
- BABALOLA, O.; IBEM, E. O.; EZEMA, I. C. Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. **Building and Environment**, v. 148, n. May 2018, p. 34-43, 2019.
- CAMARINI, G. *et al.* Quality of work life: a study on civil construction workers. **International Journal of Social Science Studies**, 2020.
- CARVAJAL-ARANGO, D.; NAHMENS. Relationships between lean and sustainable construction: Positive impacts of lean practices over sustainability during construction phase. **Journal of Cleaner Production**, v. 234, p. 1322-1337, 2019.
- CHEN, W. T. *et al.* Analysis of key failure factors in construction partnering-A case study of Taiwan. **Sustainability (Switzerland)**, 2019.
- CHONG, H. Y. *et al.* Comparative Analysis on the Adoption and Use of BIM in Road Infrastructure Projects. **Journal of Management in Engineering**, 2016.
- CHOWDESWARI, C.; SATISH CHANDRA, D.; ASADI, S. S. Optimal planning and scheduling of high rise buildings. **International Journal of Civil Engineering and Technology**, 2017.
- CORBIN, J. M. ; STRAUSS, A. Grounded theory research: Procedures, cannons, and evaluative criteria. **Qualitative Sociology**, v. 13, n.1, p. 3-21, 1990.
- DE LA CRUZ, H.; ALTAMIRANO, E.; DEL CARPIO, C. **Lean model to reduce picking time delays through Heijunka, Kanban, 5S and JIT in the construction sector.**

Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology. **Anais...2020**.

DING, Z. *et al.* A system dynamics-based environmental performance simulation of construction waste reduction management in China. **Waste Management**, v. 51, p. 130-141, 2016.

EISENHARDT, K. M. Building Theories from Case Study Research. **Academy of Management Journal**, v. 14, n. 4, p. 532–550, 1989.

EL-SAYED, M. Value Streaming Through Customer Participation in Product Realization. **SAE International Journal of Materials and Manufacturing**, 2016.

EM QUATRO anos, emprego cai 34% na construção. **O Estadão**, São Paulo, 26, fev. 2019. Opinião. Disponível em: <https://opiniaio.estadao.com.br/noticias/editorial-economico,em-quatro-anos-emprego-cai-34-na-construcao,70002735805>. Acesso em: 18 nov. 2020.

GETULI, V. *et al.* BIM-based immersive Virtual Reality for construction workspace planning: A safety-oriented approach. **Automation in Construction**, 2020. v. 114, n. February, p. 103160.

GIBBERT, M.; RUIGROK, W. The “What” and “How” of Case Study Rigor: Three Strategies Based on Published Work. **Organizational Research Methods**, v. 13, n. 4, p. 710-737, 2010.

GOH, M.; GOH, Y. M. Lean production theory-based simulation of modular construction processes. **Automation in Construction**, v. 101, nov. 2018, p. 227–244, 2019.

GOVENDER, K. *et al.* The awareness of integrated project delivery and building information modelling - facilitating construction projects. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, 2018.

GUERRA, B. C.; LEITE, F.; FAUST, K. M. 4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams. **Waste Management**, v. 116, p. 79-90, 2020.

HEIGERMOSER, D. *et al.* BIM-based Last Planner System tool for improving construction Project management. **Automation in Construction**, v.104, p. 246-254, 2019.

HIRCHMAN, E. Humanistic inquiry in marketing research: philosophy, method, and criteria. **Journal of Marketing Research**, v.23, p.237-249, 1986.

HIRSCHMAN, E. C. (Ed.) **Interpretive Consumer Research**, 1989. p. 69-84.

HOSSAIN, M. U.; WU, Z.; POON, C. S. Comparative environmental evaluation of construction waste management through different waste sorting systems in Hong Kong. **Waste Management**, v. 69, p. 325-335, 2017.

JIANG, L. *et al.* Lean construction practice: Culture, standardization and informatization – A case from China. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019. **Anais...**2019.

KABIRIFAR, K. *et al.* Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 263, p. 121-265, 2020.

KIEW, P. N.; ISMAIL, S.; YUSOF, A. M. Integration of quality management system in the Malaysian construction industry. Proceedings of the 26th International Business Information Management Association Conference – Innovation Management and Sustainable Economic Competitive Advantage: From Regional Development to Global Growth, IBIMA 2015. **Anais...**2015.

KILLIAN, J.; ABDALLAH, M.; CLEVENGER, C. Industry Feedback on Implementing Pull Planning in the Construction Industry. Construction Research Congress 2020: Project Management and Controls, Materials, and Contracts - Selected Papers from the Construction Research Congress 2020. **Anais...** 2020.

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. **CIFE Technical Report**, Stanford University, n.72, setembro 1992.

KUNZ, J.; FISCHER, M. Virtual design and construction. **Construction Management and Economics**, 2020.

LI, S. *et al.* A study on the evaluation of implementation level of lean construction in two Chinese firms. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, n. December 2016, p. 846-851, 2017.

MAVI, R. K.; STADING, C. Critical success factors of sustainable Project management in construction: A fuzzy DEMATEL-ANP approach. **Journal of Cleaner Production**, 2018.

MILES, M. B. *et al.* Qualitative data analysis: a methods sourcebook and the coding Manual for Qualitative Researchers. **Technical Communication Quarterly**, v. 24, n. 1, p. 109-112, 2015.

MILES, M. B.; HUBERMAN, M. A; SALDANA, J. **Qualitative data analysis: a Methods Sourcebook**. [s.l.: s.n.]. 2014.

MISHRA, R. P.; GUPTAB, G.; SHARMA, A. Development of a Model for Total Productive Maintenance Barriers to Enhance the Life Cycle of Productive Equipment. **28th CIRP Conference on Life Cycle Engineering**, 2021.

MOHAMMADI, A. *et al.* Applying lean construction principles in road maintenance planning and scheduling. **International Journal of Construction Management**, v. 0, n. 0, p. 1-11, 2020.

MOSTAFA, S. *et al.* Leagile Strategies for Optimizing the Delivery of Prefabricated House Building Projects. **International Journal of Construction Management**, v. 20,

n. 8, p. 867-881, 2020.

NIBHANUPUDI, P.; RAHUL, G. B. Comparative study on use of precast framed structure and precast load bearing wall structure. **Materials today: proceedings**, 2020.

NOKTEHDAN, M.; SHAHBAZPOUR, M.; ZARE. M. R.; WILKINSON, S. Innovation management and Construction Phases in Infrastructure Projects. **Engineering and Construction Management Magazine**, 2019.

NOWOTARSKI, P.; PAS, J.; MATYJA, J. Improving Construction Processes Using Lean Management Methodologies – Cost Case Study. v. 161, p. 1037-1042, **Procedia Engineering**, 2016.

NUNES, J. M. *et al.* The Civil Sector in Brazil and the current economic crisis. **Research, Society and Development**, 2020.

OMOTAYO, T. S.; KULATUNGA, U.; BJEIRMI, B. Critical success factors for Kaizen implementation in the Nigerian construction industry. **International Journal of Productivity and Performance Management**, 2018.

PATTON, M. **Qualitative research & evaluation methods**. Saint Paul, USA: Sage Pubns, 2002.

PERFIL da Cadeia Produtiva da Construção e da Indústria de Materiais e Equipamentos. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Disponível em: laminaindicaadores-para-divulgaa-a-o-2020.pdf (abramat.org.br). Acesso em: 20 may 2021.

PISHDAD-BOZORGI, P. Future Smart Facilities: State-of-the-Art BIM-Enabled Facility Management. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 9, p. 1-2, 2017.

PRIETO, R. Expanding Project Management Frameworks to Address Today's Challenges. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 143, n. 9, p. 1-2, 2017.

REINVENTING CONSTRUCTION: Aa route to higher productivity. **Mckinsey Global Institute**, 2017. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/capital%20projects%20and%20infrastructure/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-executive-summary.ashx>. Acesso em: 18 nov. 2020.

RUBIO-ROMERO, J. C.; DEL CARMEN PARDO FERREIRA, M.; LÓPEZ-ARQUILLOS, A. Poka-yokes as occupational preventive measures in construction safety. A review. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. **Anais...2019**,

SAKUNDE, M. S. Factors Influencing Waste Generation on Construction Project and Waste Management by Six Sigma Principle. **International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology**, v. V, n. III, p. 1136-1142, 2017.

SARHAN, J. G. *et al.* Lean Construction Implementation in the Saudi Arabian Construction Industry. **Construction Economics and Building**, 2017.

SEPPÄNEN, O.; MODRICH, R. U.; BALLARD, G. **Integration of last planner system and location-based management system**. Proceedings of IGLC 23 - 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Global Knowledge - Global Solutions. **Anais...**2015.

SHEN, X.; MARKS, E. Near-Miss Information Visualization Tool in BIM for Construction Safety. **Journal of Construction Engineering and Management**, 2016.

SIEFFERT, Y.; HUYGEN, J. M.; DAUDON, D. Sustainable construction with repurposed materials in the context of a civil engineering-architecture collaboration. **Journal of Cleaner Production**, v. 67, p. 125-138, 2014.

SINGH, S.; KUMAR, K. A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 12, p. 1153-1162, 2021.

SIRAJ, N. B.; FAYEK, A. R. Risk Identification and Common Risks in Construction: Literature Review and Content Analysis. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 145, n. 9, 2019.

STAKE, R. **The art of case study research**. Thousand OAKS, CA: Sage, pp.49-68, 1996.

STANITSAS, M.; KIRYTOPOULOS, K.; LEOPOULOS, V. Integrating sustainability indicators into project management: The case of construction industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 279, p. 123774, 2021.

SUKUMAR, S.; RADHIKA, R. A Study of Implementing Lean Six Sigma in Construction Industry. **Imperial Journal of Interdisciplinary Research**, 2017.

TAGGART, M.; WILLIS, C.; HANAHOE, J. **Not seeing the wood for the trees - A gamba walk through a timber framed housing development**. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019. **Anais...**2019.

THYSSEN, M. H. *et al.* Facilitating client value creation in the conceptual design phase of construction projects: a workshop approach. **Architectural Engineering and Design Management**, 2010.

TYAGI, S. *et al.* Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. **International Journal of Production Economics**, v. 160, p. 202-212, 2015.

UDAWATTA, N. *et al.* Improving waste management in construction projects: an australian study. **Resources, Conservation and Recycling**, 2015. v. 101, p. 73–83.

ULUTAS, D.; MCDRRMONTT, D. H. G. P. **Corporate social responsibility in construction industry**: a comparative study between Uk and Turkey. Emerald Insight,

2016.

UMAR, T. Briefing: Defining safety leadership in construction. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers**: municipal engineer, 2017.

VAIDYANATHAN, K. *et al.* **Application of lean principles to managing construction of an it commercial facility – an INDIAN**. n. 40, p. 183-192, 2016.

XING, W.; HAO, J.; QIAN, L. Implementing lean construction techniques and management methods in Chinese projects: A case study in Suzhou, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 286, 2020.

XUE, X.; ZHANG, R., YANG, R. J.; DAI, J. Innovation in Construction: A Critical Review and future research. **International Journal of Inovattion Science**, 2014.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. Thousand Oaks, USA: Sage Publications, 2009.

YU, A. T. W. *et al.* Integrating value management into sustainable construction projects in Hong Kong. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 25, n. 11, p. 1475–1500, 2018.

YUAN, H.; WU, H.; ZUO, J. Understanding Factors Influencing Project Managers' Behavioral Intentions to Reduce Waste in Construction Projects. **Journal of Management in Engineering**, 2018. v. 34, n. 6, p. 1–12.

WALLENDORF, M.; BELK, R., 1989. Assessing trustworthiness in naturalistic consumer research. In: HIRSCHMAN, E. C.(ed.) *Interpretive Consumer Research*, p. 69-84, 1989.

WANG, J. *et al.* Critical factors affecting willingness of design units towards construction waste minimization: an empirical study in Shenzhen, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 221, p. 526-535, 2019.

WU, H. *et al.* An innovative approach to managing demolition waste via GIS (geographic information system): a case study in Shenzhen city, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 494-503, 2016.

ZEGARRA, O.; ALARCÓN, L. F. Coordination of teams, meetings, and managerial processes in construction projects: using a lean and complex adaptive mechanism. **Production Planning and Control**, 2019.

ZHANG, Abraham; SHI, Peter. Lean and Six Sigma in Logistics: a pilot survey atudy in Singapore. **International Journal of Operations & Production Management**, 2016. v.36, p.1625-1643.

ZHAO, X. *et al.* Optimization of Chinese coal-fired power plants for cleaner production using Bayesian network. **Journal of Cleaner Production**, v. 273, p. 122837, 2020.

ZHENG, X. *et al.* Formation of Interorganizational Relational Behavior in Megaprojects: Perspective of the Extended Theory of Planned Behavior. **Journal of Management**

**Engineering**, v. 34, n. 1, p. 1-16, 2018.

ZHIQIANG, C. Research on the method based on the combination of BETC and BIM. **Journal of Physics: Conference Series**, 2021.

ZUBER, S. Z. S.; NAWI, N. M.; NIFA, F. A. A. Construction procurement practice: a review study of Integrated Project Delivery (IPD) in the Malaysian construction projects. **International Journal of Supply Chain Management**, 2019.