

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Maria Luiza de Souza Morato

**Aplicação do *Value Stream Mapping* para redução de perdas e desperdícios na indústria
da construção: uma revisão sistemática da literatura**

OURO PRETO

2023

MARIA LUIZA DE SOUZA MORATO

Aplicação do *Value Stream Mapping* para redução de perdas e desperdícios na indústria da construção: uma revisão sistemática da literatura

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Karine Araújo Ferreira

OURO PRETO

2023



FOLHA DE APROVAÇÃO

Maria Luiza de Souza Morato

Aplicação do *Value Stream Mapping* para redução de perdas e desperdícios na indústria da construção: uma revisão sistemática da literatura

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovada em 30 de março de 2023.

Membros da banca

Prof^a. Dra. Karine Araujo Ferreira - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof^a. Dra. Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Yã Grossi Andrade - Universidade Federal de Ouro Preto

Prof^a. Dra. Karine Araujo Ferreira, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 05/04/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Karine Araujo Ferreira, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 05/04/2023, às 16:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0505126** e o código CRC **13CB471F**.

Agradecimentos

Agradeço à Escola de Minas pelo ensino gratuito e de qualidade.

À Karine, por me orientar desde o início durante todo o processo de construção do relatório de IC, artigos e trabalho de conclusão de curso. Agradeço muito pela paciência, compreensão e todo conhecimento compartilhado.

Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade.

À PROPP e CNPQ pelo apoio financeiro e pelo incentivo à pesquisa.

Ao meu noivo, Ishvi, pelo incentivo incondicional e por me apoiar emocionalmente durante toda a construção desse trabalho.

RESUMO

O setor da construção civil afeta fortemente a economia, o meio ambiente e a sociedade como um todo. Nesse sentido, a adoção de práticas e ferramentas da *Lean Construction* podem auxiliar as empresas a entender seus processos, eliminar desperdícios e promover melhorias. Este estudo busca identificar, por meio de uma revisão sistemática da literatura (RSL), a aplicação do *Value Stream Mapping* (VSM) no setor da construção civil. Além da caracterização, evolução e resultados obtidos com a adoção desta ferramenta, foi dada uma atenção especial ao potencial do VSM na identificação de perdas e desperdícios, bem como suas principais causas. Como resultado, 383 artigos foram inicialmente identificados, sendo selecionados 47 artigos. Após análise dos artigos selecionados, foi possível perceber que o número de estudos envolvendo a temática vem crescendo ao longo da última década e a maior parte deles possui como metodologia o estudo de caso aplicado. O segmento da construção civil que mais utilizou o VSM foi o de construção de edifícios e aproximadamente 57% das empresas do setor utilizaram o VSM em conjunto com outras ferramentas e/ou práticas enxutas. O desperdício e perdas foram categorizados de acordo com os sete desperdícios da manufatura enxuta, sendo os dois mais citados o tempo de espera e os defeitos na cadeia produtiva. As causas destes desperdícios e perdas foram também identificadas neste trabalho, bem como os benefícios obtidos com a aplicação do VSM, com destaque para redução do lead time e aumento da flexibilidade.

Palavras-chave: *Value Stream Mapping*, VSM, Construção Civil, *Lean Construction*.

ABSTRACT

The civil construction sector has strongly affected the economy, the environment and society as a whole. Thus, adopting Lean Construction practices and tools can help companies understand their processes, eliminate waste and make improvements. Using a systematic literature review, this study aims to identify the *Value Stream Mapping* (VSM) application in the civil construction sector. In addition to the characterization, evolution and results obtained by adopting this tool, special attention was given to the potential of VSM in identifying loss and waste, as well as their main causes. As a result, 383 articles were initially identified, and 47 articles were selected. After analyzing the selected articles, it was observed that the number of studies addressing this topic has been increasing over the last decade and most of them use applied case studies as the methodology. The civil construction segment that most used VSM was building construction and approximately 57% of companies in the sector used VSM with other lean tools and/or practices. Waste and loss were categorized according to the seven wastes of lean manufacturing. The two most cited were waiting and defects in the production chain. The causes of this waste and loss were also identified in this work, as well as the benefits obtained from the VSM application, focusing on reducing lead time and increasing flexibility.

Keywords: Value Stream Mapping, VSM, Lean Construction, Civil Construction, Construction Industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplos de aplicação de MFV	20
Figura 2 - Principais símbolos do VSM	20
Figura 3 - Diagrama PRISMA	22
Figura 4 - Atributos dos trabalhos considerados na análise	23
Figura 5 - Publicações por ano	24
Figura 6 - Publicações por Região	25
Figura 7 - Metodologia utilizada	25
Figura 8 - Tipo de VSM utilizado	26
Figura 9 - Mapas desenvolvidos	27
Figura 10 - Incidência dos desperdícios citados nos artigos	30

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Periódicos por Artigo	24
Quadro 2 – Referências dos desperdícios identificados	31
Quadro 3 – Desperdícios e suas causas identificadas nos trabalhos estudados	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aplicação do VSM por segmento da Construção Civil	27
Tabela 2 - Ferramentas utilizadas em conjunto com o VSM	28
Tabela 3 - Resultados da aplicação do VSM	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Contextualização.....	10
1.2	Objetivos.....	12
1.2.1	Objetivo Geral.....	12
1.2.2	Objetivos específicos.....	12
1.3	Justificativa.....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	Construção enxuta (<i>Lean Construction</i>).....	13
2.2	<i>Value Stream Mapping</i> (Mapeamento do Fluxo de Valor).....	15
2.3	Etapas para aplicação do <i>Value Stream Mapping</i> (<i>VSM</i>).....	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	22
4.1	Evolução das pesquisas sobre VSM no setor da construção civil.....	23
4.2	Aplicação do VSM na indústria da construção civil e resultados obtidos.....	26
4.3	Desperdícios verificados e suas principais causas.....	29
4.4	Elaboração e aprovação de artigo no ENEGEP 2022.....	36
4.5	Elaboração e submissão de artigo - revista <i>Waste Management & Research</i>.....	36
5	DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
6	REFERÊNCIAS.....	38
7	ANEXOS.....	47
7.1	Anexo A - Resultados da aplicação do VSM por artigo.....	47
7.2	Anexo B - Comprovante de submissão e aprovação de artigo no XLII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP 2022.....	51
7.3	Anexo C - Comprovante de submissão de artigo para a revista <i>International Journal of Lean Six Sigma</i>.....	51

1 INTRODUÇÃO

Nesta seção, será realizada uma breve contextualização do tema investigado, trazendo os principais objetivos propostos para este trabalho e as justificativas para esta pesquisa.

1.1 Contextualização

O setor da construção civil afeta fortemente a economia, o meio ambiente e a sociedade como um todo. Esse setor é responsável por 13% do Produto Interno Bruto (PIB) global e emprega 7% da população mundial em idade ativa (MGI, 2017). Apesar das externalidades positivas relacionadas à geração de emprego e renda, a construção civil ainda possui dificuldades em adotar e adaptar-se às novas tecnologias e práticas de gestão do que outros setores globais.

De acordo com Heigermoser, Soto e Abbot (2019), quando comparada a outras indústrias, a produtividade da construção nas últimas décadas tem sido muito baixa. Características intrínsecas ao setor, descritas por Kudsk et al. (2013) e Bajjou, Chafi e En-Nadi (2017), tais como: caráter itinerante, processos pouco industrializados, produção do produto no local de entrega, projetos únicos para cada produto e complexidade dos projetos e canteiros, são alguns dos fatores que explicam a maior dificuldade em se definir padrões, avaliar recursos e implementar melhorias no setor. Adicionalmente, fatores como a fragmentação da indústria, inadequada colaboração com fornecedores e transferência insuficiente de conhecimento de projeto para projeto são apontados como desafios enfrentados na indústria da construção civil (*WORLD ECONOMIC FORUM, 2016*).

Assim, são necessários estudos focados em princípios e ferramentas que ajudem a analisar sistematicamente as ineficiências dos processos que levam à geração de desperdícios (VILVENTHAN, RAM E SUGUMARAN, 2019). Adicionalmente, torna-se inevitável a introdução de novas alternativas de gestão capazes de trazer melhorias criativas para o sistema de produção tradicional, tais como a filosofia *Lean Construction* (Construção Enxuta).

O marco inicial da Construção Enxuta foi a publicação de Koskela (1992), um estudioso finlandês, que adaptou os princípios do Sistema Toyota de Produção para a Construção Civil. O objetivo do trabalho era beneficiar o setor da construção civil com um sistema de gestão de qualidade de sucesso como foi o Sistema Toyota de Produção para as linhas de produção da *Toyota Motor Company*. Várias ferramentas e práticas são usadas para implementar a cultura de redução de desperdícios e melhoria contínua presentes na filosofia enxuta, tais como o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), ou do inglês, *Value Stream Mapping* (VSM), que será

foco deste trabalho. Autores como Lobo, Calado e Conceição (2018) e Marin-Garcia, Vidal-Carreras e Garcia-Sabater (2021) consideram o VSM uma das ferramentas mais fundamentais da filosofia enxuta, uma vez que ela é considerada o ponto de início da implementação de qualquer filosofia enxuta. Ramani e KSD (2019), por sua vez, afirmam que o VSM é uma das ferramentas enxutas que tem um alto potencial em identificar e revelar desperdícios em um processo.

O VSM (*Value Stream Mapping*) ou Mapeamento de Fluxo de Valor é uma ferramenta que permite a análise das atividades de uma empresa e possibilita identificações no processo produtivo atual, formando um retrato do momento, sendo possível identificar, a partir disso, os gargalos da produção e a melhorias que poderão ser realizadas (Karim e Zaman, 2013). Isto envolve a identificação de sete desperdícios enxutos – transporte, inventário, movimentação, espera, super produção excessiva, processamento excessivo e defeitos (Ohno, 1988) – através de um sistema de gerenciamento enxuto para avaliar o estado atual e um estado futuro projetado para a série de atividades desde o início até a entrega (Gunduz e Naser, 2017). Adicionalmente, a ferramenta não se limita a identificar desperdícios em um sistema, mas é usada para analisar e auxiliar na concepção de processos, rastreamento de fluxo de material e documentação do fluxo de informações de uma determinada família de produtos.

A aplicação do *Value Stream Mapping* na indústria da construção civil não recebeu atenção suficiente devido ao grande grau de dificuldade de sua implementação do setor (Gunduz e Naser, 2017). Ainda, de acordo com Hossain, Bissenova e Kim (2019), essa dificuldade é oriunda à sua natureza caracterizada pela baixa previsibilidade de cenários, organização descentralizada e ausência de conexões de longo prazo.

Assim, esse trabalho buscará responder as seguintes questões norteadoras dessa pesquisa:

P1- Como a pesquisa sobre a aplicação do VSM no setor da construção civil vem evoluindo ao longo do tempo?

P2 - Como o VSM tem sido aplicado em empresas da indústria da construção e quais os principais resultados obtidos?

P3 - Quais foram os desperdícios verificados e quais as principais causas destes desperdícios?

1.2 Objetivos

Para responder as questões norteadoras desta pesquisa, este trabalho apresenta os seguintes objetivos:

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é revisar sistematicamente a literatura atual sobre aplicação do VSM na indústria da construção civil. Além da caracterização, evolução e resultados obtidos com a adoção desta ferramenta no setor, foi dada uma atenção especial ao potencial do VSM na identificação e medição de perdas e desperdícios, bem como nas principais causas apontadas para essas perdas e desperdícios.

1.2.2 Objetivos específicos

Para atingi-lo, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar como a pesquisa sobre o VSM na área da construção civil vem evoluindo ao longo do tempo;
- Verificar como o VSM tem sido aplicado nas empresas do setor da construção civil e quais os principais resultados obtidos;
- Apontar quais foram os principais desperdícios identificados nas pesquisas selecionadas com auxílio do VSM e quais suas principais causas.

1.3 Justificativa

Esta pesquisa justifica-se pela atualidade e relevância do tema, uma vez que a maioria das empresas do setor da construção civil são suscetíveis a desperdícios, sejam eles de material ou mão de obra, bem como gastos e atrasos, gerando ineficiência do projeto. Nesse sentido, a adoção de ferramentas enxutas nesses projetos, tais como o VSM, visa eliminar ou reduzir consideravelmente todos esses percalços. Esta ferramenta, introduzida por Rother e Shooker (2003), leva em consideração tanto o fluxo de materiais como o de informações e ajuda bastante no processo de visualização do cenário atual e na construção da situação futura. Assim, o VSM pode ser uma importante ferramenta para auxiliar as empresas a entender seus processos, eliminar desperdícios e promover melhorias futuras desejadas (LOBO; CALADO; CONCEIÇÃO, 2020; RAMANI e KSD, 2021).

Diversos autores destacam que práticas e ferramentas enxutas podem trazer benefícios e resultados positivos na gestão da construção, tais como: melhoria da qualidade, diminuição

dos desperdícios, aumento na produtividade da mão de obra, melhoria na segurança e saúde no trabalho (KOSKELA, 1992; MANDUJANO et al., 2016; BABALOLA; IBEM; EZEMA (2019); WU et al., 2019)

Estas melhorias são de suma importância, pois de acordo com Aziz e Hafez (2013), vários estudos de diferentes países confirmaram que o desperdício/atividade sem valor agregado na indústria da construção representam uma porcentagem relativamente grande do custo de produção. Como exemplo, os autores citam que o custo do retrabalho em projetos de construção tem sido relatado como sendo de até 35% do custo total do projeto. Esse fator permite concluir que inovações na forma de gestão podem contribuir significativamente no setor da construção civil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção, é apresentada uma breve revisão bibliográfica sobre a filosofia *Lean* aplicada ao setor da construção civil (*Lean Construction*), bem como definições sobre a ferramenta mapeamento do fluxo de valor (*Value Stream Mapping*) e suas etapas.

2.1 Construção enxuta (*Lean Construction*)

De acordo com Koskela et al. (2002), o *Lean Construction* se inspirou nos princípios da manufatura enxuta (*Lean Manufacturing*) e do pensamento enxuto (*Lean Thinking*).

Já segundo Gallardo, Granja e Picchi (2014), o conceito de *Lean Thinking*, ou Pensamento Enxuto, começou a ser introduzido como uma tentativa de generalizar o Sistema Toyota de Produção e aplicá-lo a outros conceitos. Denota uma filosofia e um sistema produtivo onde procura-se produzir cada vez mais utilizando menos recursos possíveis.

Para tanto, uma das principais buscas do *Lean Thinking* é pela estabilização do sistema produtivo, isto é, capacidade de produzir uma variedade de produtos, com alto grau de padronização das atividades e no menor tempo possível. De acordo com Womack e Jones (1998), esta filosofia é composta de cinco princípios básicos:

- Valor: o valor só pode ser especificado pelo cliente final, sendo ele o benefício que o produto ou serviço agregará a esse cliente.
- Fluxo de Valor: todas as ações de valor agregado que são realizadas para trazer o produto ou o serviço até o cliente final.
- Fluxo: cadeia onde fluem as etapas de criação de valor ao produto sem interrupções.
- Produção puxada: o consumidor “puxa” o produto pela cadeia, isto é, o fluxo de produção tem que ser realizado de modo que a medida em que o produto ou serviço é

adquirido pelo cliente, um novo produto é produzido e disponibilizado, buscando reduzir ao máximo o estoque desnecessário.

- Perfeição: não existe linha de chegada na busca pela produção enxuta e pela redução dos desperdícios.

Adicionalmente, Barkokebas et al. (2021) destacam que o *Lean Construction* (LC) tem como premissa a minimização do desperdício visando adicionar valor ao processo, fornecendo ferramentas para identificar e minimizar os desperdícios.

Desperdícios podem ser definidos como “qualquer ineficiência que resulte no uso de equipamentos, materiais, mão de obra ou capital em quantidades maiores do que as consideradas necessárias na produção de uma edificação” (RAMANI; KSD; 2019).

O marco inicial do *Lean Construction* foi a publicação de Koskela (1992), desafiando os profissionais da construção civil a pensarem nos conceitos de fluxo e geração de valor. Suas principais propostas são: minimizar os desperdício e gerar valor para todas as partes interessadas, maximizando a produtividade, reduzindo custos e, conseqüentemente, aumentando o poder competitivo da organização.

O método do *Lean Construction* é considerado como o princípio fundamental na identificação e minimização dos diversos desperdícios envolvidos na construção. (PATEL; MISTRY; SHAH, 2021). De acordo com Ramani e KSD (2019), um problema recorrente nas empresas do ramo da construção civil é a falta de planejamento efetivo, gerando atraso, aumento dos gastos e, por conseqüência, diminuição dos lucros. Além disso, uma das razões primárias para a redução da produtividade em projetos de construção é a presença de atividades que não agregam valor ao cliente.

De acordo com Hossain, Bissenova e Kim (2019), a indústria da construção é, por natureza, um sistema onde implementações de inovação podem ser difíceis, devido à baixa previsibilidade dos cenários, grande variabilidade dos processos, descentralização organizacional e ausência de conexões de longo prazo. Entretanto, tornou-se inevitável a introdução de novas alternativas capazes de trazer uma maior padronização e estabilização da cadeia produtiva.

De acordo com Nath et al. (2015), o LC pode ser implementado para eliminar desperdícios das seguintes maneiras:

- redução do tempo gasto com atividades sem valor agregado;
- redução do *lead time*;
- redução da variabilidade;

- minimização do número de passos;
- aprimoramento da flexibilidade;

Pasqualini e Zawislak (2005) afirmam que a implementação do *Lean* possui se inicia com a mudança estratégica, transformando a forma de “pensar” e “ver” a empresa, preparando-a para uma mudança física. A ferramenta utilizada para isso é o *Value Stream Mapping* (Mapeamento de Fluxo de Valor), considerada uma das ferramentas fundamentais para o início da aplicação dos princípios *Lean* justamente por permitir uma visão sistêmica do processo produtivo.

2.2 *Value Stream Mapping* (Mapeamento do Fluxo de Valor)

O *Value Stream Mapping* (VSM), ou em português, mapeamento do fluxo de valor, é uma das ferramentas mais utilizadas do *Lean*, que ajuda através de uma representação do processo, a identificação dos desperdícios existentes no processo e as melhorias necessárias. O VSM busca melhorar a produtividade por meio dos métodos: modificação do processo, eliminação de atividade desnecessária e melhoria da atividade. (RAMANI e KSD, 2019)

De acordo com Gunduz e Nasser (2017), o VSM é um sistema de gerenciamento que avalia o estado atual do sistema produtivo e projeta um possível estado futuro de acordo com as possíveis melhorias identificadas, desde o início do processo até a entrega ao cliente final. A ferramenta não se limita a identificar desperdícios em um sistema de forma isolada, mas busca analisar a concepção dos processos, o rastreamento do fluxo de material e a documentação do fluxo de informações de uma determinada família de produtos.

O processo do mapeamento consiste em observar diretamente como os fluxos de informações e materiais ocorrem, resumindo-os visualmente de acordo com símbolos específicos. Em seguida, após identificar os possíveis pontos de melhoria no sistema, propor um mapa futuro com melhor desempenho. (HERAVI e FIROOZI, 2016).

De acordo com Orihuela, Orihuela e Pacheco (2015), o VSM é essencial para identificar e entender a cadeia produtiva. O uso dessa ferramenta ajuda a visualização dos fluxos de forma holística, indo além da análise separada de seus processos, mostrando o gargalo produtivo em sua origem.

Originalmente, o *Value Stream Mapping* foi concebido como uma técnica de gestão do *Lean Manufacturing*. O objetivo é melhorar a produção sem haver uma necessidade de novos recursos a serem investidos, criando um sistema mais eficiente e otimizando as atividades de agregação de valor (ROSENBAUM; TOLEDO; GONZÁLEZ, 2013). O VSM pode atuar

sistematicamente sobre as sete fontes de desperdícios identificados por Ohno (1997), quais sejam: superprodução, estoques, erros e defeitos, espera, movimentação e transporte, superprocessamento e pessoas subutilizadas.

De acordo com Rosenbaum, Toledo e González (2013), a ferramenta possui uma série de vantagens quando aplicada à construção:

- é uma técnica de processo de mapeamento flexível, capaz de representar a dinamicidade dos processos construtivos;
- garante a representação do sistema construtivo como um todo;
- permite analisar simultaneamente a produção e os resíduos ambientais de forma simples e visual;
- as informações produzidas por um mapa podem ser facilmente compartilhadas e implementadas a nível do projeto.

De acordo com Yu et al. (2009), embora seja vantajoso, uma série de fatores impedem a aplicação do VSM na indústria da construção civil. Primeiramente, sabe-se que um requisito básico para a implementação da ferramenta é a repetição do processo de produção. Embora na manufatura exista uma padronização mais exata de produtos, etapas e processos, o mesmo dificilmente ocorre para uma obra civil. Um projeto de construção apresenta especificações e contextos únicos, dificultando a representação dos mapas e a identificação de atividades sem valor agregado.

Em segundo lugar, trata-se de uma ferramenta quantitativa que usa uma lista de processos de dados para determinar o estado atual do processo e identificar qual o estado futuro ideal a ser atingido. Em empresas do ramo da construção, entretanto, não costumam rastrear de forma tão assertiva seus processos, devido à grande variabilidade das etapas e do ambiente (YU et al., 2009).

2.3 Etapas para aplicação do *Value Stream Mapping* (VSM)

O *Value Stream Mapping* é o processo simples de observar diretamente os fluxos de informações e materiais como eles ocorrem agora, resumindo-os visualmente e, em seguida, visualizando um estado futuro com desempenho muito melhor. (HERAVI; FIROOZI, 2016). Para a aplicação do VSM é necessária a realização de um conjunto de etapas. Segundo Pasqualini e Zawislak (2005), essas etapas podem ser divididas em:

- Definição ou determinação de um produto ou família de produtos como alvo da implementação de melhoria.

- Desenvolvimento de um mapa de estado atual com todas as informações de matérias e informações do processo da forma como ele ocorre atualmente, com a perspectiva de alcançar uma versão eficiente para que o processo se torne, no futuro, mais enxuto.
- Determinação do valor agregado de cada atividade para o produto final.
- Remoção de todas as atividades que não possuem valor agregado para a cadeia produtiva.
- Proposição, a partir dessas remoções, de um mapa de estado futuro com a diminuição dos desperdícios e a melhora no fluxo de valor do processo.

A partir desses passos, é possível definir o mapa de estado atual como a forma como a produção opera atualmente. A partir de uma análise com base nos princípios do *Lean*, é que a identificação dos desperdícios e as propostas de melhoria se tornam possíveis, visando uma linha de produção com menor *lead time*, maior qualidade e menores custos. O mapa de estado futuro retrata o estado ideal de produção, isto é, a melhor forma de operar com base na análise realizada pelo estado atual (HERAVI; FIROOZI, 2016).

Para Tapping e Shuker (2010), o VSM é compreendido pelas oito etapas a seguir:

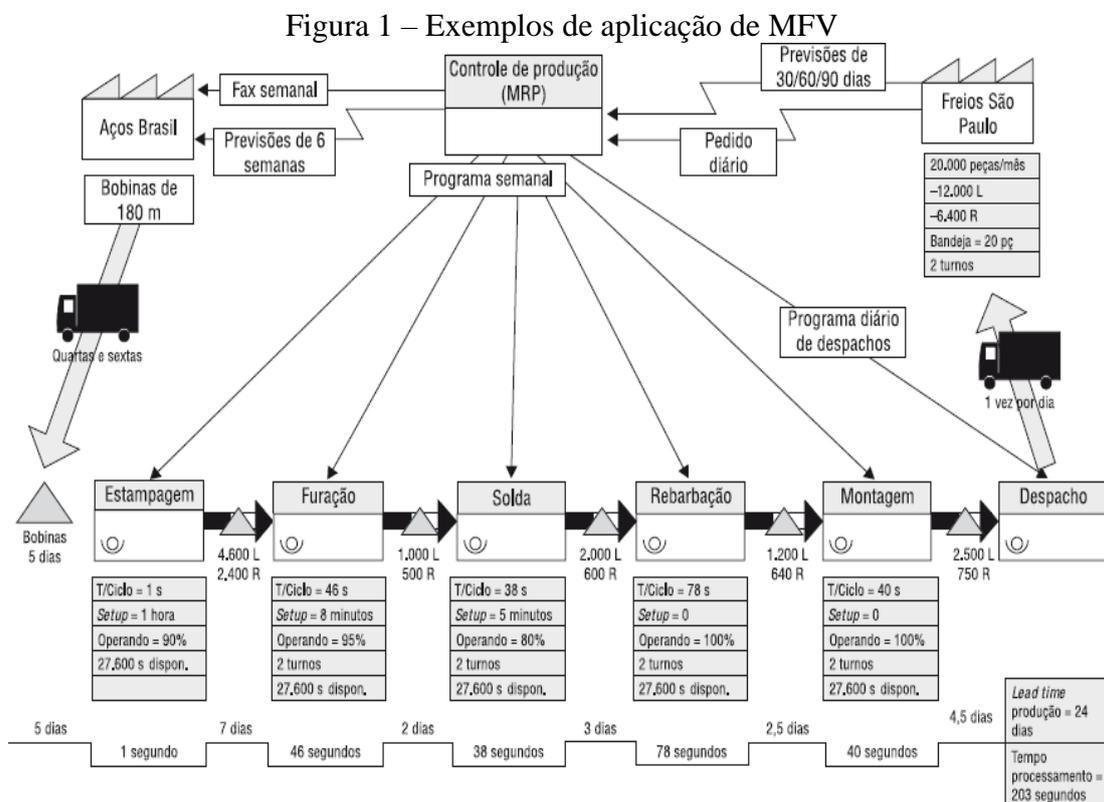
1. Comprometer-se com o *Lean*: é preciso assegurar a formação de uma equipe comprometida com o *Lean*, disposta a acompanhar todas as atividades de forma colaborativa e com o propósito alinhado;
2. Escolher o Fluxo de Valor: escolher o fluxo de valor consiste em entender todas as atividades necessárias para que o produto ou serviço chegue até o seu cliente final, a fim de criar um plano de melhorias com a visão completa da cadeia produtiva. De acordo com Tapping e Shuker (2010), a escolha do fluxo deve ser realizada considerando:
 - identificar quaisquer preocupações imediatas do cliente;
 - desempenhar uma análise do trajeto da unidade de trabalho;
 - priorizar fluxo de valor alvos;
 - identificar integrantes do fluxo de valor que farão parte da equipe e estabelecer a comunicação.
3. Aprender sobre o *Lean*: é de suma importância que toda a equipe envolvida tenha um bom entendimento dos termos e conceitos do *Lean*. O processo de aprendizado e implementação é diferente para cada organização (TAPPING e SHUKER, 2010). Os principais conceitos chaves para compreender o *Lean*, segundo esses autores são:
 - o princípio da redução do custo;
 - os sete desperdícios;

- *just-in-time*;
 - as três fases de aplicação do *Lean*: demanda do cliente, fluxo contínuo e nivelamento;
 - envolvimento total do funcionário;
 - o escritório visual.
4. Mapear o Estado Atual: através do mapeamento do processo é possível identificar com mais clareza os desperdícios e gargalos do fluxo, permitindo uma visualização eficiente dos possíveis pontos de melhoria do processo.
5. Identificar as Métricas *Lean*: As métricas *Lean* são sempre baseadas nos sete desperdícios mortais. A eficiência de uma métrica *Lean* é medida através de sua capacidade de direcionar um fluxo de valor para melhoria, assim como sua capacidade de abordar um desperdício específico do sistema (TAPPING e SHUKER, 2010). De acordo com os autores, as métricas *Lean* padrões são:
- metas de término do projeto;
 - *lead time* do trabalho total;
 - tempo de ciclo de trabalho total;
 - erros internos;
 - horas extras;
 - carga de trabalho acumulado.
6. Mapear o Estado Futuro: o processo de mapeamento do estado futuro acontece em três fases:
- Fase da demanda do cliente: nesta fase é preciso entender a demanda do cliente, levando em consideração o custo, a qualidade e o prazo.
 - Fase de fluxo contínuo: consiste na implementação de um fluxo contínuo e da filosofia *JIT (Just in Time)* para atender os clientes internos e externos;
 - Fase de nivelamento: distribuir o trabalho uniformemente por volume e variedade, reduzindo o tempo de espera e otimizando o processo.
7. Criar os planos *Kaizen*: segundo Tapping e Shuker (2010), a prática do *kaizen* está atrelada à melhoria contínua, isto é, a modificação dos processos a fim de torná-los melhores. Essa etapa consiste em criar os possíveis planos de melhoria identificados no mapa de Estado Futuro.
8. Implementar os planos *Kaizen*: A implementação dos planos *Kaizen* deve ser realizada em três fases: preparação, implementação e *follow-up* (acompanhamento). Nesta fase,

as mudanças propostas na etapa anterior são colocadas em prática, assegurando que todos os envolvidos estejam comprometidos com os objetivos traçados pelos planos *Kaizen*.

Corrêa (2019), traz na Figura 1, um resumo da aplicação do MFV em uma empresa que produz peças de aço e as entrega a um fornecedor de segunda camada da indústria automobilística chamado Freios São Paulo. O processo produtivo apresentado pelo mesmo autor, consiste em cinco etapas, contendo características básicas de cada operação apresentada com o símbolo correspondente. Assim, o MFV permite capturar e mapear os fluxos físicos e de informação, demonstrando a ideia de atividades que agregam e das atividades não agregam valor no processo.

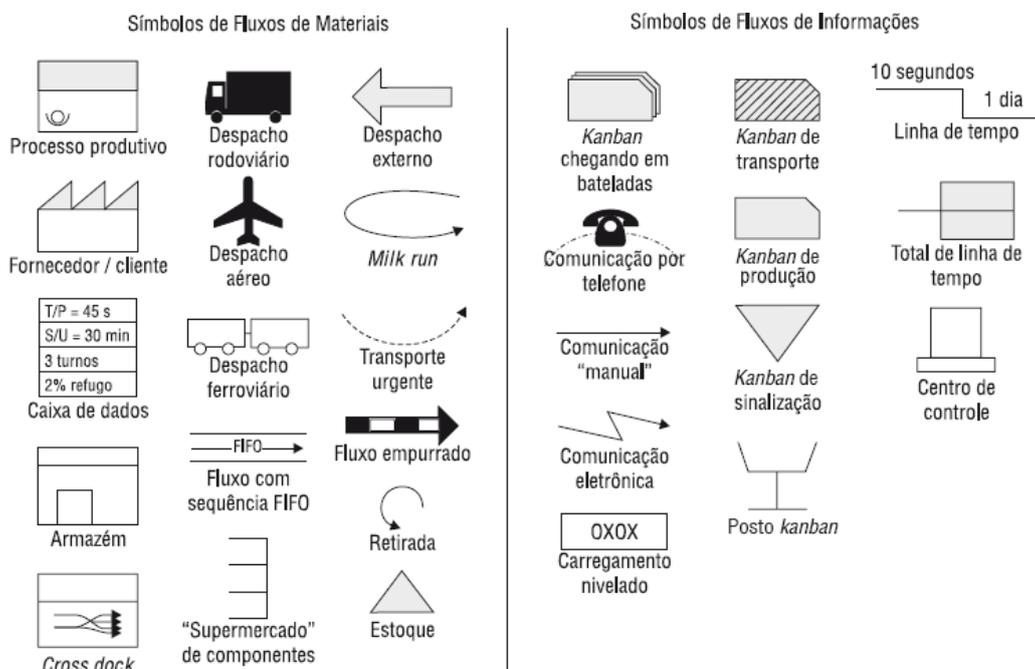
Com isso, ao se conhecer o estado atual utilizando o MFV, pode-se iniciar o MFV para o estado futuro, onde as prioridades devem ser alinhadas ao planejamento estratégico da organização. A etapa do MFV futuro é utilizada para identificar as falhas e as faltas nos processos para transformar o fluxo em um estado enxuto. Concluindo as verificações das possíveis melhorias, é importante ressaltar as reduções previstas nos processos, para que possa ser mensurado ao decorrer da implantação do MFV.



Fonte: Corrêa (2019)

Segundo o mesmo autor, o VSM se baseia no uso de uma simbologia padronizada para desenhar os mapas, facilitando as análises dos processos para identificação dos desperdícios e implementações de melhorias. A Figura 2 traz os principais símbolos utilizados pelo método.

Figura 2 – Principais símbolos do VSM



Fonte: Corrêa (2019)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O método científico adotado nesta pesquisa é a Revisão Sistemática de Literatura (RSL). De acordo com Holly, Salmond e Saimbert (2017), a revisão sistemática é uma forma de pesquisa que envolve a identificação, seleção, avaliação crítica e síntese de pesquisas primárias existentes sobre um tópico específico. De acordo com Moher et al. (2009), a RSL é aquela que, através da formulação de uma questão clara a ser respondida, usa métodos sistemáticos e explícitos para identificar, selecionar e avaliar criticamente o que é relevante para a pesquisa, para, assim, analisar as informações dos estudos incluídos na revisão. Assim, para realização desta pesquisa, inicialmente foram definidas três questões para serem respondidas através da RSL conforme já mencionado anteriormente.

Para a auxílio na condução do método de pesquisa, estabeleceu-se o protocolo de pesquisa PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*). De acordo com Page et al. (2021), o PRISMA foi projetado em 2009 para ajudar os pesquisadores a relatar de forma transparente o porquê a revisão foi realizada, o que os autores fizeram e o

que eles encontraram. Ao longo dos anos, algumas melhorias foram implementadas a fim de facilitar o entendimento e a aplicação do protocolo, chegando na versão mais atual – PRISMA 2020 – que foi utilizada para a condução desta pesquisa.

O protocolo consiste em um detalhado *check-list* composto por 27 itens e um diagrama com três etapas: Identificação, Triagem e Inclusão. Os resultados de cada uma dessas etapas são apresentados na Figura 3.

Na etapa de Identificação, foi definida a *string* de busca. Primeiramente, foram utilizadas as strings: (“VSM” OR “Value Stream Mapping” AND “Construction”) para busca em títulos-resumo e palavras chave. Entretanto, a busca não foi efetiva visto que outras nomenclaturas também utilizam a sigla VSM, como *Vibration-screening method*, *Vector Space Model*, *Viable System Model* e *Vibrating Sample Magnetometer*. Portanto, uma nova *string* foi aplicada: (“Value Stream Mapping”AND Construction), também com pesquisa em títulos, resumo e palavras chave. Posteriormente, com a *string* selecionada, foram selecionadas as pesquisas que estivessem dentro do recorte temático.

As bases selecionadas para esta pesquisa foram: *Web of Science*, *Scopus*, *Science Direct*, *Emerald Insight*, *EBSCO Host*, *Taylor & Francis*, *Engineering Village*. Foram encontrados 60 artigos na base *Web of Science* (WOS), 129 na base *Scopus*, 8 na *Science Direct*, 13 na *Emerald Insight*, 13 na *EBSCO Host*, 7 na *Taylor & Francis*, 104 na *Engineering Village*, totalizando inicialmente 334 artigos. Em seguida, foram selecionados apenas artigos de periódicos nestas bases, totalizando 170 artigos.

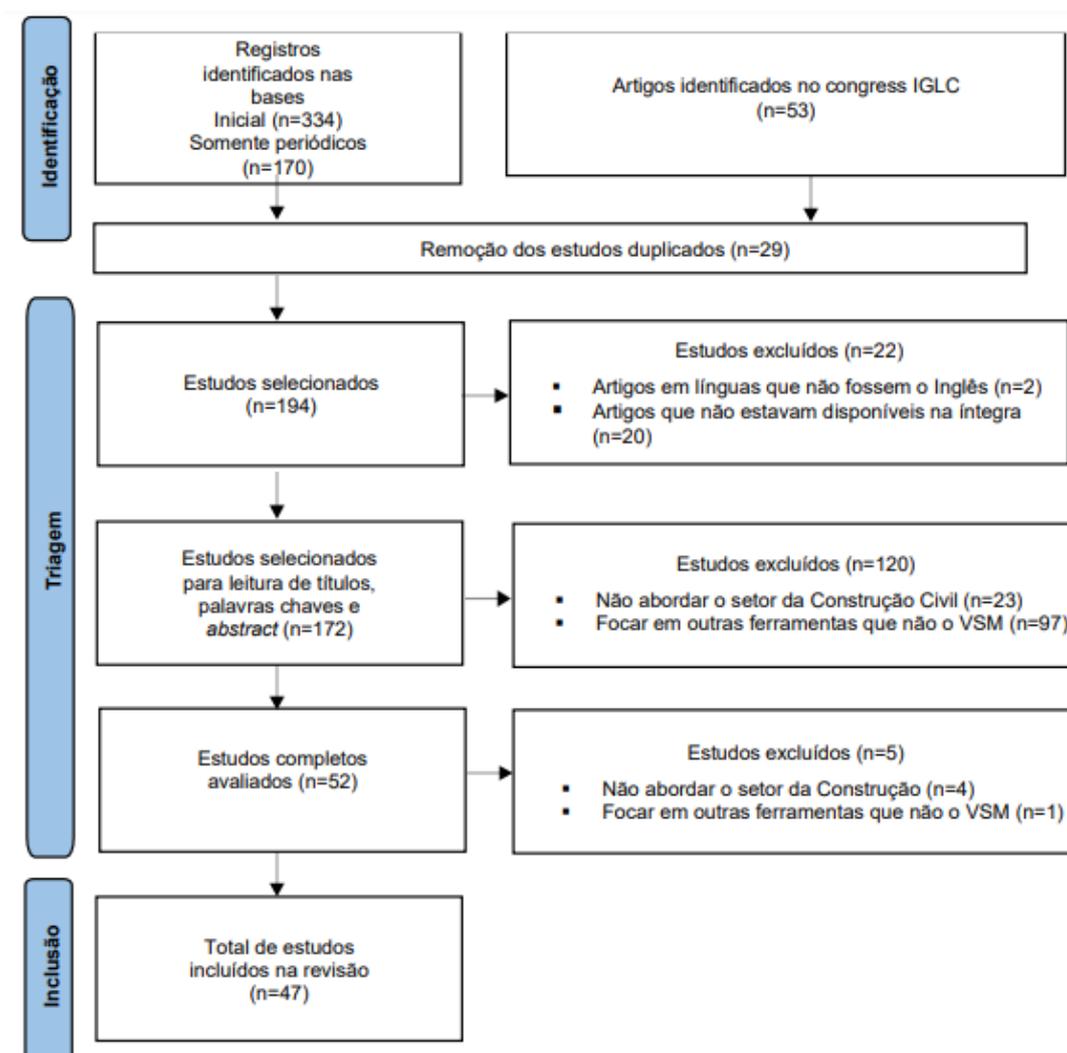
Além dos artigos de periódicos, artigos de congresso do *Internacional Group for Lean Construction* (IGLC) também foram selecionados para esta pesquisa. A consulta na base de dados das conferências do IGLC se justifica porque este grupo se esforça para apresentar o estado da arte da pesquisa e implementação da *Lean Construction*. Foram encontrados 53 na base de dados do Congresso IGLC, que somados aos já obtidos nas demais bases, totalizaram 223. Não foi feito nenhum recorte temporal, a fim de obter uma maior abrangência e visto tratar-se da aplicação da ferramenta VSM em um setor específico.

Com exceção dos artigos de congresso selecionados nos anais do IGLC, foram removidos antes da triagem 29 artigos nas demais bases de dados, totalizando 194 trabalhos selecionados.

Na etapa de triagem, primeiramente foram excluídos artigos escritos em línguas diferentes do inglês (2 artigos) ou que não estavam disponíveis na íntegra via *WEB* (20 artigos), restando 172 artigos para a próxima etapa de seleção. Através da leitura atenta do título, resumo

e palavras-chave, foram excluídos 120 artigos. Aqueles nos quais havia indecisão foram analisados na próxima etapa. Os 53 documentos selecionados foram lidos na íntegra, procurando atentamente aqueles que de fato respondiam às questões de pesquisa selecionadas para compor a revisão. A partir da leitura, foram excluídos 5 artigos, sendo incluídos 47 artigos à RSL, na etapa de Inclusão.

Figura 3 - Diagrama PRISMA

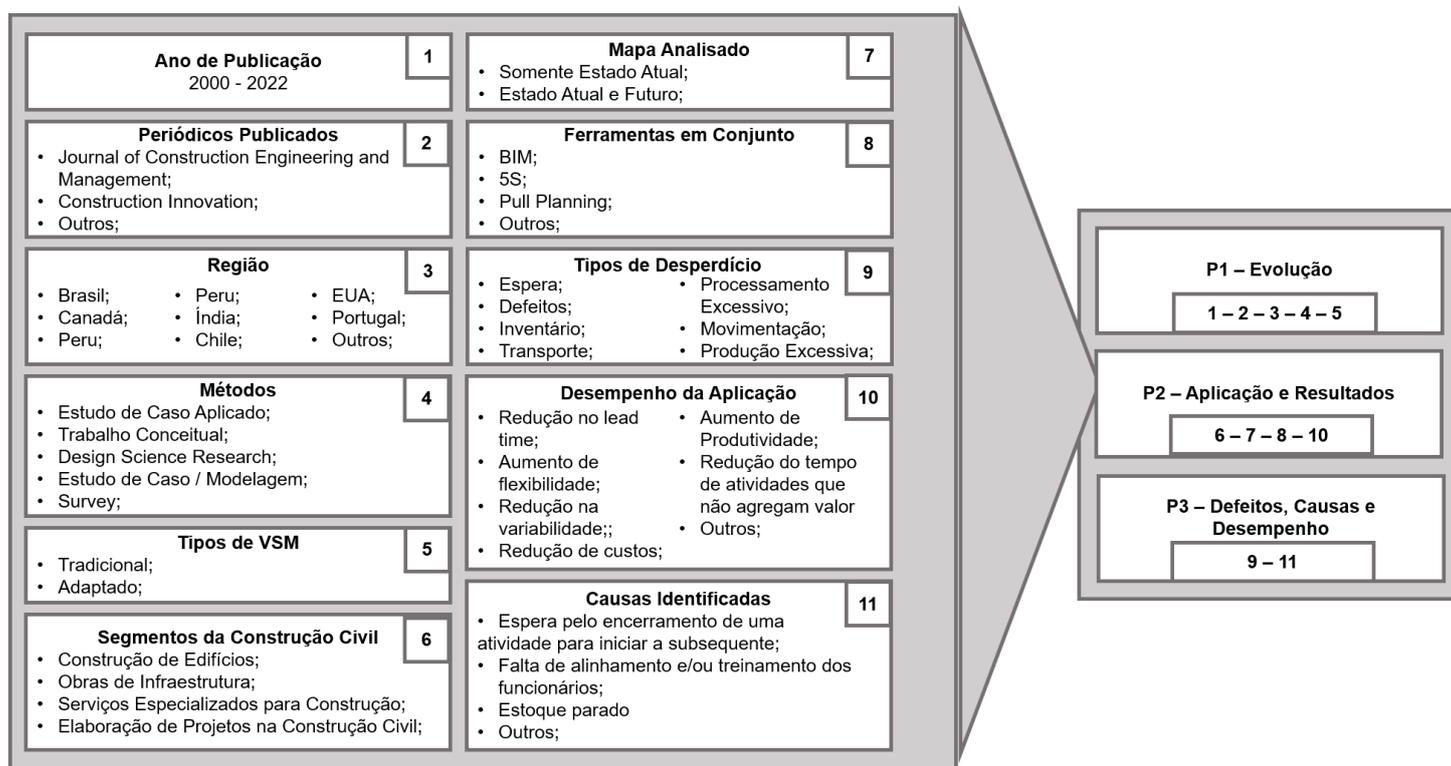


Fonte: Adaptado de Page et al. (2021).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Conforme mencionado anteriormente e ilustrado na Figura 3, após os processos de Identificação e Triagem dos Artigos, foram selecionados 47 trabalhos na etapa de Inclusão. Os artigos eleitos para compor a RSL passaram por um processo de coleta e análise de dados. Na Figura 4, é possível verificar como as informações coletadas foram classificadas a fim de responder todas as questões de pesquisa.

Figura 4 – Atributos dos trabalhos considerados na análise



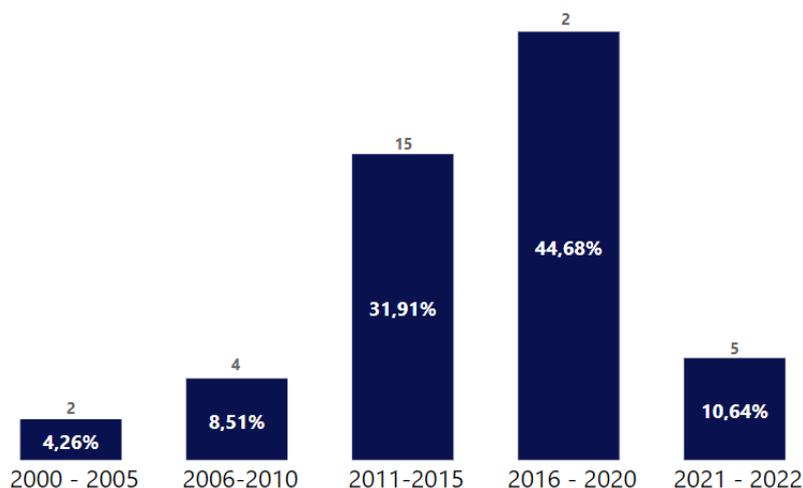
Fonte: Elaboração própria (2022).

4.1 Evolução das pesquisas sobre VSM no setor da construção civil

Conforme pode ser visualizado na Figura 4, com o intuito de responder a P1, sobre como as pesquisas sobre VSM vem evoluindo, os itens 1, 2, 3, 4, e 5 (que se referem ao ano de publicação, periódicos publicados, região, método de pesquisa e tipos de VSM abordados nos artigos) serão descritos a seguir.

Em relação à evolução da pesquisa sobre a aplicação do VSM no setor da construção civil ao longo do tempo, pode-se perceber através da Figura 5 que os estudos selecionados foram publicados a partir do ano 2000 e que a maior concentração de artigos selecionados (21 dos 47 artigos selecionados), foi publicada entre os anos de 2016 e 2020, o que mostra que as pesquisas envolvendo a ferramenta VSM na construção civil são mais recentes e têm aumentado nos últimos anos.

Figura 5 - Publicações por ano



Fonte: Elaboração própria (2022).

Com relação à publicação dos 20 artigos de periódicos selecionados nesta pesquisa, é possível verificar que estes foram publicados em diferentes *journals*, com destaque para o *Journal Of Construction Engineering And Management*, onde cinco trabalhos foram encontrados (Quadro 1).

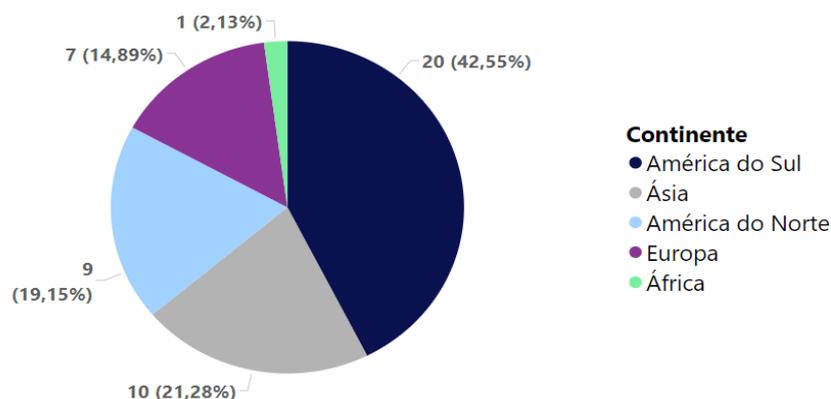
Quadro 1 – Periódicos por Artigo

JOURNAL	ARTIGO
Automation In Construction	Nath et al. (2015)
Buildings	Hossain, Bissenova e Kim (2019)
Construction Innovation	Aziz, Qasim e Wajdi (2017)
Innovative Infrastructure Solutions	Patel, Mistry e Shah (2021)
Journal Of Architectural Engineering	Xie et al. (2017); Yu et al. (2009)
Journal Of Construction Engineering And Management	Barkokebas et. al (2017); Rosenbaum, Toledo e González (2013); Gallardo, Granja e Picchi (2013); Ramani e KSD (2019); Zhang et al. (2020)
Journal Of Information Technology In Construction	Michaud et al. (2019)
Journal Of Management In Engineering	Yu et al. (2011)
Project Management Journal	Bevilacqua, Ciarapica e Giacchetta (2008)
Springer-Verlag London	Heravi e Firoozi (2016)
Sustainability	Gunduz e Naser (2017)
The Tqm Journal	Avelar, Meiriño e Tortorella (2019)
Waste Management & Research	Vilventhan, Ram e Sugumaran (2019)

Fonte: Elaboração própria (2022).

Em relação à região, pode-se verificar na Figura 6 que os estudos se concentram principalmente na Região da América do Sul (42,55%), Ásia (21,28%), América do Norte (19,15%), Europa (14,48%) e África do Sul (2,13%).

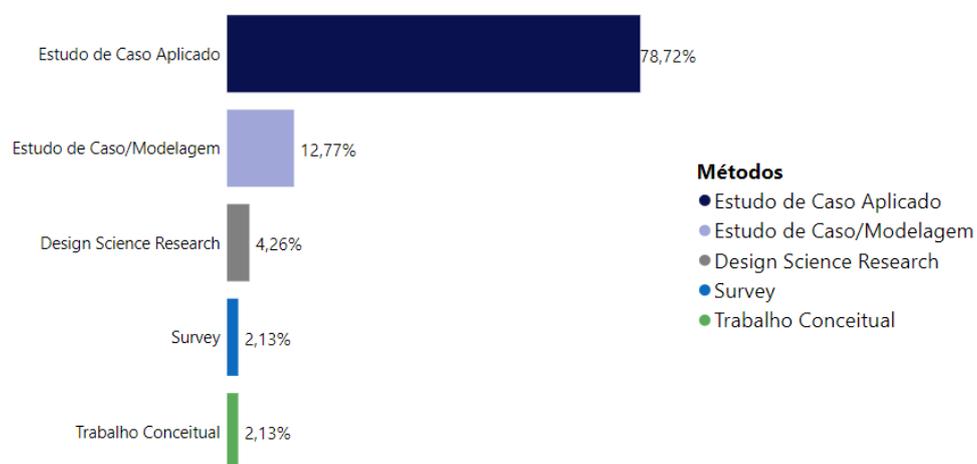
Figura 6 - Publicações por Região



Fonte: Elaboração própria (2022).

O método de pesquisa mais utilizado nos artigos analisados foi o estudo de caso aplicado. Vale ressaltar que um dos trabalhos utilizou mais de um método (Estudo de Caso e *Survey*). Adicionalmente, os estudos de caso que utilizavam como parte da sua metodologia a utilização de simulações e modelagens matemáticas foram categorizados como estudos de caso/modelagem. Assim, conforme pode ser verificado na Figura 7, dos 47 artigos selecionados, 38 utilizaram o estudo de caso aplicado, seguido pelo estudo de caso associando a algum método de modelagem/simulação (6), *research design* (2), *survey* e trabalho conceitual (ambos com um artigo cada).

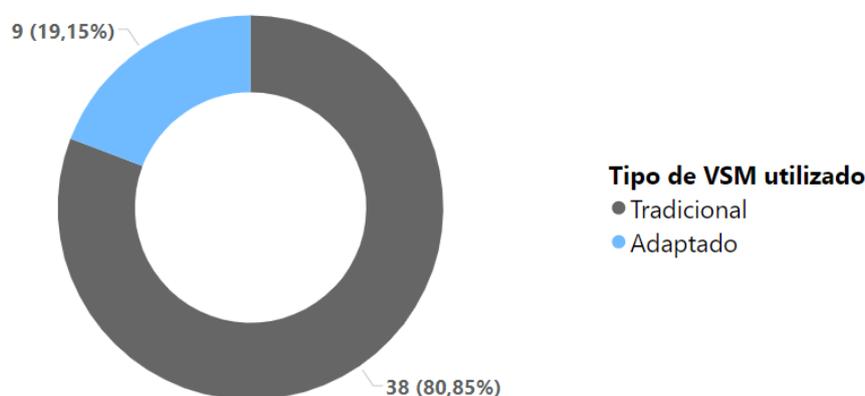
Figura 7 - Metodologia utilizada



Fonte: Elaboração própria (2022).

Em relação ao tipo de VSM encontrado nas publicações selecionadas (Figura 8), verificou-se a predominância do VSM tradicional, sendo que apenas 9 dos 47 trabalhos selecionados usaram algum tipo de adaptação para empregar a ferramenta. As principais adaptações identificadas foram: utilização de fluxogramas (sem a padronização utilizada no VSM) para retratar os mapas, utilização de 3 mapas (um de estado atual, um intermediário e um do estado futuro) e adaptação para retratar o fluxo do ponto de vista ambiental e produtivo de uma frente de serviço.

Figura 8 - Tipo de VSM utilizado



Fonte: Elaboração própria (2022).

4.2 Aplicação do VSM na indústria da construção civil e principais resultados obtidos

Com o objetivo de responder à pergunta P2 sobre como o VSM tem sido aplicado na construção civil, os itens 6, 7, 8 e 10 da Figura 4 serão apresentados a seguir.

Para analisar como o VSM tem sido aplicado, foram identificados em quais segmentos da indústria da construção civil a ferramenta foi empregada (Tabela 1). A divisão dos segmentos foi realizada com base na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo dividida em: construção de edifícios, elaboração de projetos na construção civil, obras de infraestrutura e serviços especializados para construção. Com base na Tabela, é possível verificar que a maior concentração de trabalhos foi referente ao segmento da construção de edifícios (22 artigos), seguido pela elaboração de projetos na construção civil (10), obras de infraestrutura (9) e serviços especializados para construção (6).

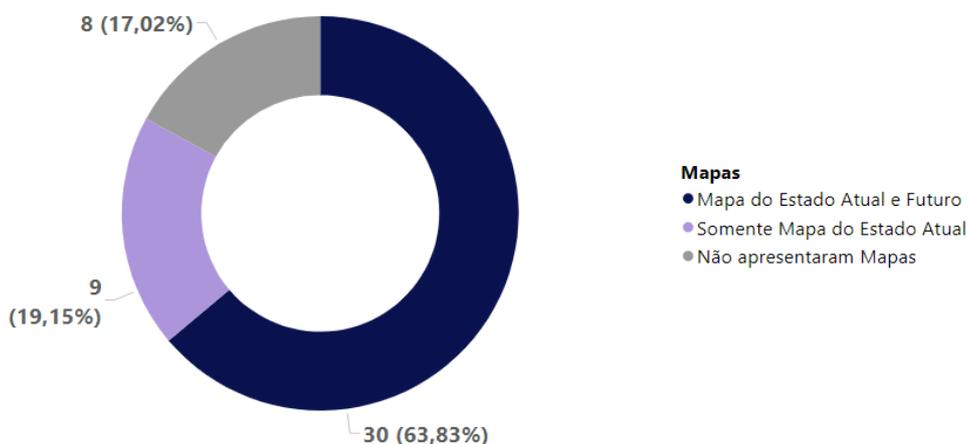
Tabela 1 - Aplicação do VSM por segmento da Construção Civil

Segmento da Construção Civil	Número de artigos
Construção de edifícios	22
Obras de infraestrutura	9
Serviços especializados para construção	6
Elaboração de projetos na construção civil	10

Fonte: Elaboração própria (2022)

De acordo com Rosenbaum, Toledo e González (2013), a metodologia do VSM inclui, dentre outros passos, a elaboração do mapa de estado atual e mapa de estado futuro. Entretanto, alguns trabalhos não apresentaram o mapa de estado futuro e alguns não trouxeram a apresentação de nenhum dos dois mapas. Na Figura 9, é possível visualizar que 8 dos 47 estudos não trouxeram o mapa de estado futuro e 9, não apresentaram nenhum dos dois mapas.

Figura 9 - Mapas desenvolvidos



Fonte: Elaboração própria (2022)

É comum a utilização de outras ferramentas em conjunto com o VSM, sejam elas derivadas da filosofia *Lean* ou não (Tabela 2). Nesta tabela é possível perceber que, dentre os 47 trabalhos escolhidos para compor a RSL, 27 utilizaram alguma outra ferramenta em conjunto com o VSM. Nesta tabela é possível notar que a ferramenta mais amplamente utilizada em conjunto com o VSM foi o BIM (*Building information modeling*), aparecendo em 7 dos 27 artigos mencionados. Em seguida, podem ser destacadas as ferramentas 5S (3), *Pull Planning* (2) e Simulação de Eventos Discretos (2). Vale ressaltar que um mesmo trabalho pode ter empregado mais de uma ferramenta em conjunto ao VSM.

Tabela 2 - Ferramentas utilizadas em conjunto com o VSM

Ferramentas	Nº de artigos que foram citadas
Simulação de Eventos Discretos (DES)	2
BIM	7
5S	3
<i>Pull Planning</i>	2
<i>Just in Time</i>	2
Diagrama de Espaguete; Custeio ABC; <i>Foreman delay survey (FDS)</i> ; Six Sigma; Desdobramento da função qualidade (QFD); Simulação e Probabilidade; <i>Functional Resonance Analysis Method (FRAM)</i> ; Total Productive Maintenance (TPM); Teoria da Resolução de Problemas Inventivos (TRIZ); <i>Last Planning System</i> ; <i>Gemba-Walk</i> ; <i>Set Based Design</i> ; <i>Integrated Computer Aided Manufacturing Definition (IDEF)</i> ; Otimização Discreta; Kanban; <i>Multi Moment Analysis (MMA)</i> .	1

Fonte: Elaboração própria (2022).

De acordo com Koskela (2000), a redução do desperdício pode ocorrer através das seguintes maneiras: redução do tempo de atividades que não agregam valor à cadeia, redução do *lead time*, redução da variabilidade, diminuição do número de passos e aumento da flexibilidade. Assim, buscou-se verificar se estes indicadores (*lead time*, atividades que não agregam valor, variabilidade, número de passos e flexibilidade) foram avaliados e se existem outros.

Assim, avaliando os resultados da aplicação da ferramenta do VSM nos artigos analisados, foi possível verificar (Tabela 3) que em 32 dos artigos analisados foi citada a redução no *lead time*; 17 dos artigos destacaram aumento na flexibilidade, seguido por redução do tempo de atividades que não agregam valor à cadeia produtiva (16); redução da variabilidade dos processos (9) e em diminuição no número de passos (6). Além destes benefícios, foram também citados: redução de custos (16), aumento de performance (15), diminuição do *cycle time* (9), melhora no fluxo das informações (4) e redução do retrabalho (3).

No anexo A, é possível observar a relação quantitativa da Tabela 3 segmentada por cada trabalho analisado. É possível perceber com mais clareza que alguns autores não destacam qual seria o possível benefício da aplicação do *Value Stream Mapping*, como os autores 1, 11, 14, 27, 28, 41, 42 e 44. Esse comportamento se dá ao fato de que os autores citados ou trazem somente a construção do mapa de estado atual (1, 27, 41, 42, 44) ou não constroem nenhum dos dois mapas durante o trabalho (11, 14, 28).

Tabela 3 – Resultados da aplicação do VSM

Resultados obtidos	Número de artigos citados	Percentual em resultado
Redução no <i>lead time</i>	32	16-75%
Aumento na flexibilidade	17	NI
Redução do tempo de atividades que não agregam valor	16	10-30%
Redução da variabilidade dos processos	9	NI
Diminuição no número de passos	6	NI
Redução de custos	16	4-54%
Aumento de produtividade/performance	15	10-82,50%
Diminuição do tempo de ciclo	9	25%
Melhora no fluxo das informações	4	NI
Redução do retrabalho	3	85%

Fonte: Elaboração própria (2022).

Vale ressaltar que a grande maioria dos artigos também não quantifica o grau do desempenho (sendo representado no anexo A por “NI”), destacando apenas se houve redução ou aumento dos índices dos indicadores. Apesar disso, é possível verificar que a maior parte dos trabalhos apresenta possibilidade de redução de desperdícios e melhoria de desempenho com adoção da ferramenta VSM, com destaque para redução do *lead time*, aumento da flexibilidade e redução das atividades que não agregam valor, conforme já mencionado.

Adicionalmente, buscou-se nesta pesquisa investigar quais os principais tipos de desperdícios foram identificados nos trabalhos analisados e os resultados obtidos com a adoção do VSM, a serem descritos na seção a seguir.

4.3 Desperdícios verificados e suas principais causas

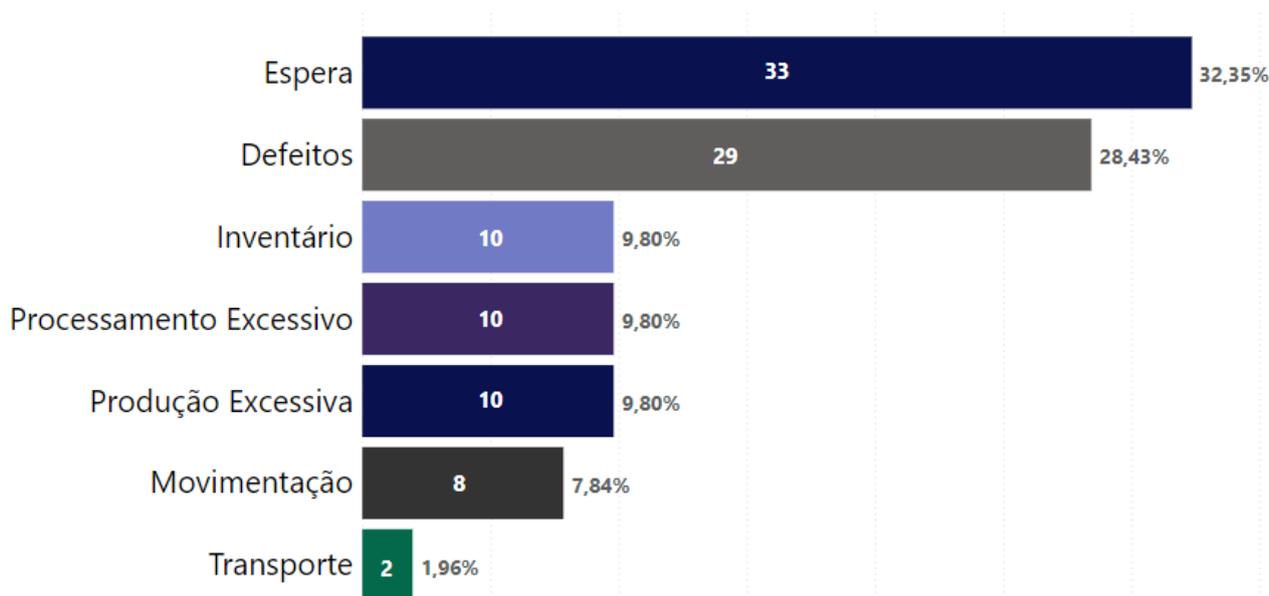
Com o intuito de responder à questão P3, os desperdícios verificados e suas principais causas com a adoção do VSM na construção civil (item 9 e 11 da Figura 4) são apresentados a seguir.

O conceito de perdas na construção civil é associado com frequência aos desperdícios de materiais. No entanto, as perdas estendem-se além deste conceito e devem ser entendidas como qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação. Neste caso, as perdas englobam tanto a ocorrência de desperdícios de materiais quanto a execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor. (FORMOSO et al., 2002).

De acordo com Ohno (1988), desperdício é definido como qualquer atividade que absorve recursos e não cria valor, como erros que requerem retificação, produção de itens inúteis, estoques ou transportes de bens. O autor afirma que existem sete tipos de desperdícios: transporte, inventário, movimentação, espera, produção excessiva, processamento excessivo e defeitos. Neste trabalho, buscou-se identificar os principais desperdícios verificados com a adoção do VSM, bem como categorizá-los dentre os sete desperdícios lean apresentados por Ohno.

Na Figura 10, são apresentados os desperdícios identificados na aplicação do *Value Stream Mapping* nos artigos selecionados de acordo com a sua porcentagem de incidência. Vale ressaltar que é possível um mesmo estudo possuir mais de um desperdício identificado. Pode-se concluir, portanto, que o desperdício mais citado na análise dos processos identificados nos estudos é o Tempo de Espera, sendo citado em 32,35% dos estudos. Em sequência, foram citados defeitos na cadeia de produtiva (28,43%), inventário (9,80%), processamento excessivo (9,80%), produção excessiva (9,80%), movimentação desnecessária (7,84%) e transporte desnecessário (1,96%).

Figura 10 - Incidência dos desperdícios citados nos artigos



Fonte: Elaboração própria (2022).

No Quadro 2, é possível verificar a relação da incidência dos desperdícios e as respectivas referências dos autores que os citaram.

Quadro 2 - Referências dos desperdícios identificados

Desperdício	Nº artigos	Referência
Transporte	2	Etges (2018); Heravi e Firoozi (2016)
Inventário	10	Bekdik, Hall e Aslesen (2016); Gaio e Cachadinha (2011); Heravi e Firoozi (2016); Leite e Neto (2013); Pereira e Cachadinha (2011); Ramani e KSD (2019); Rosenbaum, Toledo e Gonzalez (2012); Rosenbaum, Toledo e González (2013); Sakka et al. (2016); Xiaosheng e Hamzeh (2020)
Movimentação	8	Avelar, Meiriño e Tortorella (2019); Choi et al. (2008); Costa et al. (2013); Etges (2018); Gallardo, Granja e Picchi (2013); Hossain, Bissenova e Kim (2019); Pereira e Cachadinha (2011); Ramani e KSD (2019)
Espera	33	Aka, Emuze e Das (2017); Avelar, Meiriño e Tortorella (2019); Aziz, Qasim e Wajdi (2017); Bekdik, Hall e Aslesen (2016); Bevilacqua, Ciarapica e Giacchetta (2008); Cano e Rubiano (2020); Choi et al. (2008); Costa et al. (2013); Espinoza, Herrera e Brioso (2021); Fernandes e Amaral (2012); Filho, Angelim e Neto (2016); Freire e Alarcón (2000); Gaio e Cachadinha (2011); Gallardo, Granja e Picchi (2013); Gunduz e Naser (2017); Heravi e Firoozi (2016); Hossain, Bissenova e Kim (2019); Larsson e Simonsson (2012); Leite e Neto (2013); Michaud et al. (2019); Murguía, Brioso e Pimentel (2016); Nath et al. (2015); Pasqualini e Zawislak (2005); Patel, Mistry e Shah (2021); Ramalingam (2018); Ramani e KSD (2019); Rosenbaum, Toledo e Gonzalez (2012); Rosenbaum, Toledo e González (2013); Sakka et al. (2016); Vilventhan, Ram e Sugumaran (2019); Yu et al. (2009); Yu et al. (2011); Zhang (2013)
Produção Excessiva	10	Fernandes e Amaral (2012); Freire e Alarcón (2000); Heravi e Firoozi (2016); Hossain, Bissenova e Kim (2019); Lima, Rolim e Alves (2010); Michaud et al. (2019); Pasqualini e Zawislak (2005); Ramalingam (2018); Sakka et al. (2016); Xiaosheng e Hamzeh (2020)
Processamento Excessivo	10	Aka, Emuze e Das (2017); Aziz, Qasim e Wajdi (2017); Costa et al. (2013); Freire e Alarcón (2000); Hossain, Bissenova e Kim (2019); Luoma e Junnila (2011); Moghadam e Al-Hussein (2013); Patel, Mistry e Shah (2021); Ramalingam (2018); Xiaosheng e Hamzeh (2020)
Defeitos	29	Aka, Emuze e Das (2017); Barkokebas et. al (2017); Bekdik, Hall e Aslesen (2016); Cabrera e Li (2014); Cano e Rubiano (2020); Chuquín, Chuquín e Saire (2021); Costa et al. (2013); Freire e Alarcón (2000); Gaio e Cachadinha (2011); Gallardo, Granja e Picchi (2013); Heravi e Firoozi (2016); Hossain, Bissenova e Kim (2019); Leite e Neto (2013); Lima, Rolim e Alves (2010); Michaud et al. (2019); Michaud et al. (2019); Murguía, Brioso e Pimentel (2016); Nath et al. (2015); Pasqualini e Zawislak (2005); Patel, Mistry e Shah (2021); Ramalingam (2018); Rosenbaum, Toledo e Gonzalez (2012); Sakka e Hamzeh (2017); Sakka et al. (2016); Saurin e Sanches (2014); Vilventhan, Ram e Sugumaran (2019); Xiaosheng e Hamzeh (2020); Yu et al. (2009); Yu et al. (2011)

Fonte: Elaboração Própria (2022)

As razões para ocorrência dos sete tipos de desperdícios foram também identificadas e são apresentadas no Quadro 3 Cabe ressaltar que apesar de citarem os desperdícios, nem todos os trabalhos deixaram explícitos as suas causas.

Quadro 3 – Desperdícios e suas causas identificadas nos trabalhos estudados

Desperdício	Causa	Nº artigos	Referência
Tempo de espera	Espera pelo encerramento de uma atividade para iniciar a subseqüente	15	Cano e Rubiano (2020); Costa et al. (2013); Fernandes e Amaral (2012); Filho, Angelim e Neto (2016); Freire e Alarcón (2000); Gunduz e Naser (2017); Hossain, Bissenova e Kim (2019); Larsson e Simonsson (2012); Leite e Neto (2013); Michaud et al. (2019); Murgía, Brioso e Pimentel (2016); Nath et al. (2015); Sakka et al. (2016); Yu et al. (2009); Zhang (2013)
Tempo de espera	Espera por suprimentos/materiais/equipamentos	13	Avelar, Meiriño e Tortorella (2019); Bekdik, Hall e Aslesen (2016); Bevilacqua, Ciarapica e Giacchetta (2008); Choi et al. (2008); Espinoza, Herrera e Brioso (2021); Gallardo, Granja e Picchi (2013); Heravi e Firoozi (2016); Pasqualini e Zawislak (2005); Patel, Mistry e Shah (2021); Ramani e KSD (2019); Rosenbaum, Toledo e González (2013); Sakka et al. (2016); Yu et al. (2011)
Tempo de espera	Espera por retrabalhos e aprovações	3	Aka, Emuze e Das (2017); Aziz, Qasim e Wajdi (2017); Gaio e Cachadinha (2011)
Tempo de espera	Espera por remover resíduos dos canteiros de obras	1	Espinoza, Herrera e Brioso (2021)
Defeitos	Falta de alinhamento e/ou treinamento dos funcionários	16	Aka, Emuze e Das (2017); Bekdik, Hall e Aslesen (2016); Cabrera e Li (2014); Chuquín, Chuquín e Saire (2021); Costa et al. (2013); Freire e Alarcón (2000); Leite e Neto (2013); Lima, Rolim e Alves (2010); Michaud et al. (2019); Nath et al. (2015); Pasqualini e Zawislak (2005); Ramalingam (2018); Rosenbaum, Toledo e González (2013); Saurin e Sanches (2014); Vilventhan, Ram e Sugumaran (2019); Yu et al. (2009)
Defeitos	Não conformidades na análise de qualidade	16	Aziz, Qasim e Wajdi (2017); Barkokebas et. al (2017); Cabrera e Li (2014); Cano e Rubiano (2020); Costa et al. (2013); Gaio e Cachadinha (2011); Heravi e Firoozi (2016); Hossain, Bissenova e Kim (2019); Lima, Rolim e Alves (2010); Murgía, Brioso e Pimentel (2016); Patel, Mistry e Shah (2021); Rosenbaum, Toledo e Gonzalez (2012); Sakka e Hamzeh (2017); Sakka et al. (2016); Xiaosheng e Hamzeh (2020); Yu et al. (2011)
Inventário	Excesso de estoque temporário entre as atividades	1	Bekdik, Hall e Aslesen (2016)
Inventário	Estoque parado	1	Bekdik, Hall e Aslesen (2016); Gaio e Cachadinha (2011); Heravi e Firoozi (2016); Pereira e Cachadinha (2011); Rosenbaum, Toledo e Gonzalez (2012); Rosenbaum, Toledo e González (2013); Sakka et al. (2016); Xiaosheng e Hamzeh (2020)
Processamento excessivo	Excesso de etapas burocráticas	6	Aka, Emuze e Das (2017); Aziz, Qasim e Wajdi (2017); Freire e Alarcón (2000); Leite e Neto (2013); Lima, Rolim e Alves (2010); Michaud et al. (2019)
Processamento excessivo	Excesso de atividades manuais e não automatizadas	3	Costa et al. (2013); Moghadam e Al-Hussein (2013); Patel, Mistry e Shah (2021)
Processamento excessivo	Subprocessos devido à falta de padronização	2	Luoma e Junnila (2011); Michaud et al. (2019)
Processamento excessivo	Nível de qualidade nas atividades acima do necessário	1	Ramalingam (2018)
Produção excessiva	Produção de mais itens que o necessário	5	Heravi e Firoozi (2016); Lima, Rolim e Alves (2010); Pasqualini e Zawislak (2005); Ramalingam (2018); Xiaosheng e Hamzeh (2020)
Movimentação	Movimentação de suprimentos/materiais/equipamentos	8	Avelar, Meiriño e Tortorella (2019); Choi et al. (2008); Costa et al. (2013); Etges (2018); Hossain, Bissenova e Kim (2019); Patel, Mistry e Shah (2021); Pereira e Cachadinha (2011); Ramani e KSD (2019)
Transporte	Duplo manuseio na chegada dos suprimentos	2	Etges (2018); Heravi e Firoozi (2016)

Fonte: Elaboração própria (2022)

Conforme pôde ser verificado no Quadro 3, a maioria dos desperdícios foram oriundos de diferentes causas nos estudos revisados sistematicamente e que serão descritos em maiores detalhes a seguir.

- Tempo de Espera

O tempo de espera foi o desperdício mais comumente encontrado nos mapas de estado atual analisados pelos autores estudados (Figura 10). Suas principais causas atreladas foram: tempo de espera pelo encerramento de uma atividade para início da subsequente, espera por suprimentos/equipamentos/materiais, espera por retrabalhos e aprovações e espera pela remoção de resíduos dos canteiros de obras.

O tempo de espera pelo encerramento de uma atividade para início da subsequente está atrelado principalmente à falta de paralelismo entre as atividades para melhor aproveitamento dos recursos. Costa et al. (2013) citam esse tipo de desperdício atrelado à falta de visão sistêmica do processo produtivo pelos funcionários envolvidos no processo. Já Choi et al. (2008) citam a situação da espera pela disponibilidade de máquinas que precisam ser utilizadas em conjunto, como por exemplo a espera por carregadeiras disponíveis para utilização dos caminhões basculantes.

Já o tempo de espera por recursos destaca a necessidade de um bom planejamento dos suprimentos/equipamentos e materiais disponíveis, garantindo a disponibilidade dos recursos necessários sem que haja paradas na produção. Bekdik, Hall e Aslesen (2016) observaram esse desperdício quando os funcionários precisavam esperar pelas estruturas modulares transportadas por empilhadeiras em situação de muita demanda. Já Espinoza, Herrera e Brioso (2021) citam a espera pela chegada do concreto misturado e pela furadeira, essencial no processo de perfuração das paredes, entretanto o processo só contava com uma ferramenta disponível para uso dos funcionários. Heravi e Firoozi (2016) citam também a espera por manutenção dos equipamentos, destacando a importância da manutenção preventiva e programada, evitando atrasos na produção.

A espera por retrabalhos e espera por aprovações estavam associadas aos defeitos por não conformidades nos testes de qualidade e a processamentos excessivos devido a excesso de etapas burocrática, respectivamente. Aka, Emuze e Das (2017) identificam esse tipo de desperdício principalmente na espera por correções nos projetos e ao elevado número de aprovações e etapas burocráticas presentes no processo. Já Aziz, Qasim e Wajdi (2017) e Gaio e Cachadinha (2011) estudam o segmento de obras de infraestrutura e destacam principalmente

a grande ocorrência de espera por retrabalhos devido às não conformidades nos padrões de qualidade.

Já o caso de espera pela remoção de resíduos dos canteiros de obras citado por Espinoza, Herrera e Brioso (2021), se trata do tempo de espera para conclusão da etapa de remoção dos resíduos de escavação. A solução encontrada pelos autores para eliminar tal desperdício foi adotar uma forma mais eficiente de eliminar esses resíduos.

- *Defeitos*

Este desperdício *lean* foi o segundo mais citados nos trabalhos analisados e esteve presente em todos os segmentos analisados. As principais causas para ocorrência de defeitos nos casos estudados estavam atreladas à falta de alinhamento/treinamento dos funcionários e à não conformidades na análise de qualidade de acordo com os padrões esperados. Essas duas causas podem ser estar inclusive associadas, uma vez que a alta variabilidade dos processos dificulta o treinamento apropriado da equipe para a tarefa a ser executada, corroborando para o surgimento de não conformidades no processo e retrabalhos, o que pode ser verificado nos trabalhos de Cabrera e Li (2014), Costa et al. (2013) e Lima, Rolim e Alves (2010).

O caso de defeitos devido à falta de alinhamento da equipe foi citado por Aka, Emuze e Das (2017) em casos de falhas na comunicação das equipes encarregadas de diferentes etapas do projeto, gerando retrabalhos no processo. Essa falha na comunicação entre os funcionários da equipe também foi notada nos casos estudados por Michaud et al. (2019) e Saurin e Sanches (2014). Já para Bekdik, Hall e Aslesen (2016), Chuquín, Chuquín e Saire (2021) e Ramalingam (2018) a causa do defeito estava ligada à falta de capacitação dos funcionários, comprometendo a qualidade e desempenho do processo.

Os casos de defeitos por não conformidades identificadas na análise de qualidade estavam atrelados geralmente à erros seguidos de retrabalhos, que foram citados por Cabrera e Li (2014), Cano e Rubiano (2020), Heravi e Firoozi (2016), Murgía, Brioso e Pimentel (2016), Ramalingam (2018), Sakka e Hamzeh (2017), Sakka et al. (2016), Yu et al. (2009) e Yu et al. (2011). Já Cabrera e Li (2014) e Gaio e Cachadinha (2011) citam a identificação do alto índice de não conformidade e baixo índice de confiabilidade nos processos estudados.

- *Inventário*

O desperdício *lean* relacionado ao acúmulo de inventário teve como principal causa o estoque parado. Gaio e Cachadinha (2011) citam a identificação de estoques excessivos e

desordenados, o que aumentava ainda mais o tempo gasto com atividades que não agregavam valor ao cliente. O estoque maior que o necessário também foi citado por Bekdik, Hall e Aslesen (2016), que estudaram um caso onde havia um acúmulo excessivo de embalagens estocadas. Já Heravi e Firoozi (2016) identificaram que a produção estudada não era do tipo puxada, levando a produção de mais elementos do que o necessário e, por consequência, o acúmulo de inventário.

O caso identificado onde a causa do inventário se deu pelo excesso de estoque temporário entre as atividades foi citado por Bekdik, Hall e Aslesen (2016). Os autores destacam que a empresa acumulava um estoque maior do que o necessário de produtos modulares inacabados durante o processo, prejudicando o fluxo produtivo.

- Processamento excessivo

O processamento excessivo esteve atrelado ao excesso de etapas burocráticas, excesso de atividades manuais e pouco automatizadas, excesso de subprocessos e processos com nível de qualidade acima do necessário.

O excesso de etapas burocráticas foi a causa mais comumente encontrada para explicar a identificação do processamento excessivo nos trabalhos estudados. Aka, Emuze e Das (2017) citam a identificação do excesso de reuniões e aprovações, enquanto Freire e Alarcón (2000) trazem a visão da identificação de processos burocráticos desnecessários e que não agregam valor à cadeia. A causa de excesso de atividades manuais e não automatizadas, por sua vez, foi identificada por Costa et al. (2013), Moghadam e Al-Hussein (2013) e Patel, Mistry e Shah (2021).

Os subprocessos decorrentes de um alto índice de variabilidade do processo Luoma e Junnila (2011) e Michaud et al. (2019), evidenciando o grande desafio do setor da construção civil em padronizar e simplificar seus processos. O processamento excessivo com causa ligada a um nível de qualidade acima do necessário foi citado por Ramalingam (2018), que identificou que algumas plantas do caso estudado continham um nível de detalhes maior que o necessário.

- Produção excessiva

A produção excessiva estava associada à produção de mais itens do que o necessário, citado por cinco autores nas análises dos mapas de estado atual. Essa atividade está diretamente relacionada ao inventário desnecessário, visto que é preferido que a produção seja puxada pela demanda para evitar estoques sem valor agregado atrelado. Pasqualini e Zawislak (2005) citam

o caso de produção de uma quantidade de cimento acima do necessário, enquanto Sakka et al. (2016) trazem o caso da produção de mais pré-lajes do que o necessário, causando até perdas por armazenamento inadequado.

- *Movimentação desnecessária*

A movimentação desnecessária, por sua vez, teve como causa a movimentação de suprimentos, materiais ou equipamentos, aumentando o tempo de ciclo do processo e desperdiçando recursos. Avelar, Meiriño e Tortorella (2019) trazem o caso do deslocamento de quantidades significativas de argamassa frequentemente para os locais de necessidade, enquanto Choi et al. (2008), Etges (2018) e Ramani e KSD (2019), por exemplo, citam a identificação de deslocamentos desnecessários de máquinas.

- *Transporte*

Nesta pesquisa, foi encontrada apenas uma causa associada ao desperdício *lean* relacionado ao transporte: o duplo manuseio na chegada de suprimentos, citado por Heravi e Firoozi (2016) e Etges (2018). O desperdício pode ser explicado pela falta de planejamento da melhor alocação possível dos recursos e suprimentos, visando o melhor aproveitamento no menor tempo possível.

4.4 Elaboração e aprovação de artigo no ENEGEP 2022

Um resultado desta pesquisa foi a elaboração do artigo intitulado “Aplicação do *Value Stream Mapping* na construção civil: uma revisão sistemática da literatura”, que foi submetido ao XLII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, a ser realizado nas datas 04 a 07 de outubro, em Foz do Iguaçu (PR). O artigo foi aprovado (carta de aprovação - ANEXO B) e será apresentado e publicado nos anais do evento.

4.5 Elaboração e submissão de artigo para a revista *Waste Management & Research*

Outro resultado desta pesquisa foi a elaboração do artigo intitulado “*Value Stream Mapping application for construction industry loss and waste reduction: a mini-review*”, que foi submetido (comprovante de submissão – ANEXO C) para aprovação na revista *International Journal of Lean Six Sigma*.

5 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo revisar sistematicamente a literatura atual sobre VSM na indústria da construção civil, no intuito de avaliar sua evolução, aplicabilidade e principais benefícios obtidos. Para tanto as bases *Web of Science*, *Scopus*, *Science Direct*, *Emerald Insight*, *EBSCO Host*, *Taylor & Francis e Engineering Village* foram consultadas, priorizando os artigos publicados em periódicos. Adicionalmente, os artigos publicados no congresso *Internacional Group for Lean Construction (IGLC)* foram consultados. Ao todo, foram identificados 387 artigos a partir das *strings* de busca escolhida. Após a aplicação dos critérios de exclusão, foram selecionados 47 artigos para compor a RLS.

Com base na análise dos trabalhos, foi possível verificar que a aplicação da ferramenta no setor é recente, iniciando no ano 2000 e com maior concentração de trabalhos entre 2016 e 2020. A região com maior incidência de publicações foi a América do Sul e, dentre as metodologias mais utilizadas, destacam-se o estudo de caso aplicado e o estudo de caso associado à modelagem matemática.

Sobre a forma de aplicação, em aproximadamente 57% dos casos estudados o VSM foi implementado em conjunto com outras ferramentas, com destaque para o BIM. Adicionalmente, apesar de comumente o mapeamento do fluxo de valor se representado pelo mapa de estado atual e o mapa de estado futuro, em 19,15% houve somente a elaboração do mapa de estado atual e em 17,2% dos casos, os autores não elaboraram nenhum mapa, utilizando somente os conceitos do VSM para aumentar o valor agregado da cadeia produtiva. Sobre os segmentos da construção civil em que a ferramenta foi utilizada, de acordo com a divisão proposta pelo CNAE, o segmento da construção de edifícios compôs a aplicação de 46,81% dos casos estudados, seguido pelo segmento de elaboração de projetos na construção civil, com aplicação em 21,28% dos estudos.

Quanto à identificação de desperdícios, de acordo com a divisão dos 7 desperdícios propostos por Ohno (1997), o tempo de espera elevado e defeitos foram os mais citados, identificados em 32,08% e 29,25% dos estudos, respectivamente. O desperdício do tempo de espera teve como principais causas a espera pelo encerramento de uma atividade para início da subsequente e espera por suprimentos/equipamentos/materiais. Já o desperdício relacionado a defeitos no processo, teve como principais causas identificadas a falta de alinhamento e/ou treinamento dos funcionários e não conformidades na análise de qualidade.

Quanto ao desempenho da aplicação, verificou-se que em todos os casos aplicados houve identificação de benefícios e melhorias, destacando-se a redução do *lead time*, citada em

32 artigos, e o aumento da flexibilidade, citado em 17 artigos. Adicionalmente, foram citados também benefícios como a melhora de *performance*, redução de custos, redução do *cycle time*, redução do retrabalho, redução da variabilidade, entre outros.

Através das aplicações analisadas, pode-se concluir que, apesar da implementação da ferramenta no setor ser desafiadora, esta tende a ter bom desempenho e trazer ganhos quantitativos e qualitativos para o serviço. Apesar disso, foi possível verificar que as publicações sobre *Value Stream Mapping* no setor da construção civil são recentes e ainda há carência de estudos adicionais sobre o tema.

Uma outra possível lacuna de pesquisa é um maior aprofundamento no processo de elaboração dos mapas e identificação dos desperdícios e resultados. Embora estes temas sejam citados na maioria dos artigos estudados, não há o devido aprofundamento que a temática exige, visto que essas etapas são fundamentais na implementação da ferramenta. Portanto, sugere-se que os autores se aprofundem mais na explicação do desenho do mapa e na explicação de como o mapa auxiliou na identificação dos desperdícios.

Adicionalmente, sugere-se que mais estudos sobre aplicação do VSM no setor da construção civil sejam realizados, sobretudo no segmento de serviços especializados na construção civil, onde o menor número de estudos foram encontrados.

6 REFERÊNCIAS

AKA, A. *et al.* A conceptual framework for waste identification and reduction in Nigerian sandcrete blocks production process. **Construction Innovation**, v. 19, n. 3, p. 405–423, 2019.

AVELAR, W.; MEIRIÑO, M.; TORTORELLA, G. L. The practical relationship between continuous flow and lean construction in SMEs. **The TQM Journal**, v. 32, n. 2, p. 362–380, 2019.

AZIZ, R; HAFEZ, S. Applying Lean Thinking in Construction and Performance Improvement. **Alexandria Engineering Journal**, v. 52, p. 679-695, 2013.

AZIZ, Z.; QASIM, R.; WAJDI, S. Improving productivity of road surfacing operations using *Value Stream Mapping* and discrete event simulation. **Construction Innovation**, v. 17, n. 3, p. 294–323, 2017.

BABALOLA, O.; IBEM, E.; EZEMA, I. Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. **Building and Environment**, v. 148, p. 34-43, 2018.

BAJJOU, M.; CHAFI, A.; EN-NADI, A. A Comparative Study between Lean Construction, and the Traditional Production System. **International Journal of Engineering Research in Africa**. v. 29, p. 118-132, 2017.

BARKOKEBAS, B. *et al.* A BIM-lean framework for digitalisation of premanufacturing phases in offsite construction. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 28, n. 8, p. 2155–2175, 2021.

BEKDIK, B.; HALL, D.; ASLESEN, S. OFF-SITE PREFABRICATION: WHAT DOES IT REQUIRE FROM THE TRADE CONTRACTOR? **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 24, p. 43-52, 2016.

BEVILACQUA, M.; CIARAPICA, F. E.; GIACCHETTA, G. *Value Stream Mapping* in Project Management: A Case Study. **Project Management Journal**, v. 39, n. 3, p. 110–124, 2008.

CABRERA, B; LI, G. J. A LEAN-TRIZ APPROACH FOR IMPROVING THE PERFORMANCE OF CONSTRUCTION PROJECTS. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 22, 2014.

CANO, S.; RUBIANO, O. Dynamics Model of the Flow Management of Construction Projects: Study of Case. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 28, p. 1045–1056, 2020.

CHOI, S. *et al.* WASTE ELIMINATION OF MUCKING PROCESS OF A PETROLEUM STORAGE TUNNEL THROUGH THE VALUE STREAM ANALYSIS. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 16, p. 13, 2008.

CHUQUÍN, F.; CHUQUÍN, C.; SAIRE, R. Lean and BIM Interaction in a High Rise Building. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 29, p. 136–144, 2021.

CHUQUÍN, F.; CHUQUÍN, C.; SAIRE, R. Lean Design in Hydraulic Infrastructure – River Defenses and Dikes - A Case. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 29, p. 584–594, 2021.

CORRÊA, H. C. **Administração de Cadeias de Suprimentos e Logística - Integração na Era da Indústria 4.0**. 2. ed. São Paulo. Atlas, 2019.

COSTA, H. *et al.* REDESIGNING ADMINISTRATIVE PROCEDURES USING *VALUE STREAM MAPPING*: A CASE STUDY. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 21, 2013.

ESPINOZA, L; HERRERA, R. F.; BRIOSO, X. Use of *Value Stream Mapping* in a Case Study in Basement Construction. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 29, p. 995–1004, 2021.

ETGES, B. Value-Adding Activities Level in Brazilian Infrastructure Construction Companies - 9 Cases Study. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 26, p. 1323–1333, 2018.

FERNANDES, G.; AMARAL, T. PROOF OF FINANCIAL VIABILITY OF DESIGNED GYPSUM THROUGH *VALUE STREAM MAPPING*. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 20, 2012.

FILHO, D.; ANGELIN, B.; NETO, J. VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION LEANER THAN BEFORE. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 24, p. 83-92, 2016.

FORMOSO, C. T. *et al.* **As Perdas na Construção Civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. Porto Alegre, UFGRGS, 1996.

FREIRE, J.; ALARCÓN, L. ACHIEVING A LEAN DESIGN PROCESS. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 8, 2000.

GAIO, J.; CACHADINHA, N. SUITABILITY AND BENEFITS OF IMPLEMENTING LEAN PRODUCTION ON ROAD WORKS. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 19, 2011.

GALLARDO, C.; GRANJA, A.; PICCHI, F. Productivity Gains in a Line Flow Precast Concrete Process after a Basic Stability Effort. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 4, p. 4013004, 2014.

GUNDUZ, M.; NASER, A. Cost Based *Value Stream Mapping* as a Sustainable Construction Tool for Underground Pipeline Construction Projects. **Sustainability**, v. 9, n. 12, p. 2184, 2017.

HERAVI, G.; FIROOZI, M. Production process improvement of buildings' prefabricated steel frames using *Value Stream Mapping*. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 89, n. 9–12, p. 3307–3321, 2017.

HEIGERMOSER, D.; SOTO, B. G.; ABBOTT, E. L. S. BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management. **Automation in Construction**, v. 104 p.246–254, 2019.

HOLLY, C.; SALMOND, S; SAIMBERT, M. **Comprehensive Systematic Review for Advanced Practice Nursing**. NY: Springer. 2^a ed. 2017.

HOSSAIN, M.; BISSENOVA, A.; KIM, J. Investigation of Wasteful Activities Using Lean Methodology: In Perspective of Kazakhstan's Construction Industry. **Buildings**, v. 9, n. 5, p. 113, 2019.

KARIM, A.; ZAMAN, K. A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. **Business Process Management Journal**, v. 19, p. 169-196, 2013.

KOSKELA, L.; An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction. **Technical Research Centre of Finland**. v. 408, n. 296, p. 1-298. 2000.

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. **Center for Integrated Facility Engineering**. v. 1801. p. 1-81. 1992.

KOSKELA, L. *et al.* The foundations of Lean Construction. **Design and Construction: Building in Value**. v. 14. p. 211-226. 2002.

KUDSK, A. *et al.* Modularization in the Construction Industry Using a Top-Down Approach. **The Open Construction and Building Technology Journal**, v. 7, p. 88-98-107, 2013.

LARSSON, J.; SIMONSSON, P. DECREASING COMPLEXITY OF THE ON-SITE CONSTRUCTION PROCESS USING PREFABRICATION: A CASE STUDY. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 20, 2012.

LEITE, K. P.; NETO, P. B. VALUE STREAM IN HOUSING DESIGN. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 21, 2013.

LIMA, M.; ROLIM, L; ALVES, T. *VALUE STREAM MAPPING* OF THE ARCHITECTURAL EXECUTIVE DESIGN IN A GOVERNMENTAL ORGANIZATION. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 18, 2010.

LUOMA, T.; JUNNILA, S. THE VALUE FLOW OF A WORKPLACE IN CONSTRUCTION PROCESS – A CASE STUDY. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 19, 2011.

LOBO, C. V.F; CALADO, R. D.; CONCEIÇÃO, R. D. P. Evaluation of *Value Stream Mapping* (VSM) applicability to the oil and gas chain processes. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.11, n.2, p. 309-330, 2020.

MANDUJANO, M. *et al.* Identifying waste in virtual design and construction practice from a Lean Thinking perspective: A meta-analysis of the literature. **Revista de la construcción**, v.15, p.107-118, 2016.

MARIN-GARCIA, J.A.; VIDAL-CARRERAS, P.I.; GARCIA-SABATER, J.J. The Role of *Value Stream Mapping* in Healthcare Services: A Scoping Review. **International Journal Environmental Research and Public Health**. v. 18, n. 951. 2021

MGI McKinsey Global Institute; **Reinventing construction through a productivity revolution**, 2017.

MICHAUD, M. *et al.* A Case Study on Improving Standardization in the Conception Phase by Developing Tools and Protocols. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 27, p. 927–936, 2019.

MICHAUD, M. *et al.* A lean approach to optimize BIM information flow using *Value Stream Mapping*. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 24, p. 472–488, 2019.

MOHER, D. *et al*; Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. **PLoS Medicine**. p. 1-6. 2009.

MOGHADAM, M.; AL-HUSSEIN, M. RESOURCE OPTIMIZATION FOR MODULAR CONSTRUCTION THROUGH VALUE STREAM MAP IMPROVEMENT. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 21, 2013.

MURGUÍA, D.; BRIOSO, X.; PIMENTEL, A. Applying Lean Techniques to Improve Performance in the Finishing Phase of a Residential Building. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 24, p. 43-52, 2016.

NATH, T. *et al.* Productivity improvement of precast shop drawings generation through BIM-based process re-engineering. **Automation in Construction**, v. 54, p. 54–68, 2015.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OHNO, T; BODEK, N. **Toyota Production System**. 1. ed. Cambridge: Productivity Press, 1988.

ORIHUELA, P.; ORIHUELA, J.; PACHECO, S. Communication protocol for implementation of Target Value Design (TVD) in Building Projects. **Creative Construction Conference**, v. 123, p. 361-369, 2015.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **Systematic Reviews**, v. 10, n. 1, p. 89, 2021.

PASQUALINI, F.; ZAWISLAK, P. A. *VALUE STREAM MAPPING IN CONSTRUCTION: A CASE STUDY IN A BRAZILIAN CONSTRUCTION COMPANY*. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 13, 2005.

PATEL, S.; MISTRY, D.; SHAH, M. A process improvement methodology for effective implementation of *Value Stream Mapping* integrated with foreman delay survey. **Innovative Infrastructure Solutions**, v. 6, n. 3, p. 137, 2021.

PEREIRA, D.; CACHADINHA, N. Lean construction in rehabilitation works – suitability analysis and contribution for the definition of an application model. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 19, 2011.

RAMALINGAM, S. Mapping of BIM Process for Teaching Lean. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 26, p. 1291–1301, 2018.

RAMANI, P.; KSD, L. Application of lean in construction using *Value Stream Mapping*. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 28, n. 1, p. 216–228, 2019.

ROSENBAUM, S.; TOLEDO, M.; GONZALEZ, V. GREEN-LEAN APPROACH FOR ASSESSING ENVIRONMENTAL AND PRODUCTION WASTE IN CONSTRUCTION. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 20, 2012.

ROSENBAUM, S.; TOLEDO, M.; GONZÁLEZ, V. Improving Environmental and Production Performance in Construction Projects Using Value-Stream Mapping: Case Study. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 2, 2013.

ROTHER, M; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar o fluxo de valor para agregar valor eliminando o desperdício**. 1a. ed. Lean Institute Brasil, 2003.

SAKKA, F. E. *et al.* Integrating Lean into modular construction: a detailed case study of company X. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 24, 2016.

SAKKA, F. E.; HAMZEH, F. 3D CONCRETE PRINTING IN THE SERVICE OF LEAN CONSTRUCTION. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 25, 2017.

SAURIN, T. A.; SANCHES, R. C. Lean construction and resilience engineering: complementary perspectives of variability. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 22, 2014.

TAPPING, D.; SHUKER, T. **Lean Office: gerenciamento do fluxo de valor para áreas administrativas – 8 passos para planejar, mapear e sustentar melhorias Lean nas áreas administrativas**, 1ª edição, São Paulo: Editora Leopardo, 2010.

VILVENTHAN, A.; RAM, V.; SUGUMARAN, S. *Value Stream Mapping* for identification and assessment of material waste in construction: A case study. **Waste Management & Research**, v. 37, n. 8, p. 815–825, 2019.

XIAOSHENG, T.; HAMZEH, F. Precast Concrete Building Construction Process Comparison. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, v. 28, p. 625–636, 2020.

XIE, H. *et al.* Simulation of Dynamic Energy Consumption in Modular Construction Manufacturing Processes. **Journal of Architectural Engineering**, v. 24, n. 1, 2018.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.A **Mentalidade Enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WORLD ECONOMIC FORUM. Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology, **World Economic Forum**, Cologny, Switzerland, 2016, pp. 01–61. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf>. Acessado em: 23 de abril 2020.

WU, X. *et al.* Impacts of Lean Construction on Safety Systems: A System Dynamics Approach. **Int J Environ Res Public Health**, v. 16, p. 221, 2019.

YU, H. *et al.* Development of Lean Model for House Construction Using *Value Stream Mapping*. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135, n. 8, p. 782–790, 2009.

YU, H. *et al.* Lean Transformation in a Modular Building Company: A Case for Implementation. **Journal of Management in Engineering**, v. 29, n. 1, p. 103–111, 2013.

ZHANG, Y. *et al.* Process-Oriented Framework to Improve Modular and Offsite Construction Manufacturing Performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 146, n. 9, 2020.

7 ANEXOS

7.1 Anexo A - Resultados da aplicação do VSM por artigo

Id	Referência	Desempenho da Aplicação	Grau de Desempenho
1	Aka, Emuze e Das (2017)	Redução do lead time	NI
		Redução do tempo de atividades que não agregam valor	NI
		Aumento de Produtividade	31%
2	Avelar, Meiriño e Tortorella (2019)	Aumento de Produtividade	NI
		Redução de Lead Time	47%
3	Aziz, Qasim e Wajdi (2017)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	NI
		Aumento de flexibilidade	
		Redução de Custos	
		Redução do lead time	
4	Barkokebas et. al (2017)	Diminuição do número de passos	
		Aumento de Produtividade	25%
		Redução do lead time	NI
5	Bekdik, Hall e Aslesen (2016)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	27,8%
		Redução do lead time	30,7%
		Redução de Custos	20,8%
		Aumento de Produtividade	NI
		Aumento de flexibilidade	NI
		Redução da variabilidade	NI
6	Bevilacqua, Ciarapica e Giacchetta (2008)	Redução do lead time	NI
		Redução de Custos	
7	Cabrera e Li (2014)	Redução do lead time	34%
		Redução da variabilidade	NI
		Redução de Custos	16%
8	Cano e Rubiano (2020)	Redução de Custos	5%
		Aumento de Produtividade	82,50%
9	Choi et al. (2008)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	NI

		Redução do lead time	38,0%
		Aumento da flexibilidade	NI
		Aumento da produtividade	36,0%
10	Chuquín, Chuquín e Saire (2021)	Redução de custos	54%
11	Chuquín, Chuquín e Saire (2021)	-	-
12	Costa et al. (2013)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	NI
		Redução do lead time	NI
		Aumento da flexibilidade	NI
		Aumento de Produtividade	NI
		Diminuição do cycle time	25%
13	Espinoza, Herrera e Brioso (2021)	Redução do lead time	32%
		Diminuição do cycle time	NI
14	Etges (2018)	-	-
15	Fernandes e Amaral (2012)	Redução do lead time	NI
		Diminuição do cycle time	
16	Filho, Angelim e Neto (2016)	Redução do lead time	24%
17	Freire e Alarcón (2000)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	31%
		Redução do lead time	53%
		Redução da variabilidade	NI
		Diminuição do número de passos	NI
		Aumento da flexibilidade	NI
		Diminuição do cycle time	NI
		Redução do Retrabalho	NI
18	Gaio e Cachadinha (2011)	Redução do lead time	NI
		Redução de Custos	4%
		Redução do Retrabalho	NI
19	Gallardo, Granja e Picchi (2013)	Diminuição do número de passos	NI
		Aumento da flexibilidade	NI
		Aumento da produtividade	25%
20	Gunduz e Naser (2017)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	27,80%
		Redução do lead time	30,70%
		Redução da variabilidade	NI
		Aumento da flexibilidade	NI
		Redução de Custos	20,80%
		Aumento de Produtividade	NI
21	Heravi e Firoozi (2016)	Redução do lead time	34%
		Redução da variabilidade	NI
		Redução de Custos	16%
22	Hossain, Bissenova e Kim (2019)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	NI
		Redução do lead time	
		Diminuição do número de passos	
		Melhora no fluxo das informações	

23	Larsson e Simonsson (2012)	Redução do lead time	75%
		Aumento da flexibilidade	NI
		Aumento de Produtividade	NI
24	Leite e Neto (2013)	Redução do lead time	NI
		Redução de Custos	
		Diminuição do cycle time	
25	Lima, Rolim e Alves (2010)	Redução do lead time	16%
26	Luoma e Junnila (2011)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	NI
		Melhora no fluxo das informações	
27	Michaud et al. (2019)	-	-
28	Michaud et al. (2019)	-	-
29	Moghadam e Al-Hussein (2013)	Redução do lead time	NI
		Redução de Custos	
		Diminuição do cycle time	
30	Murguía, Brioso e Pimentel (2016)	-	-
31	Nath et al. (2015)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	NI
		Redução do lead time	38%
		Aumento da flexibilidade	NI
		Aumento de Produtividade	36%
32	Pasqualini e Zawislak (2005)	Redução do lead time	NI
		Melhora no fluxo das informações	
33	Patel, Mistry e Shah (2021)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	10%
		Redução do lead time	NI
		Diminuição do número de passos	NI
		Aumento de Produtividade	25%
		Melhora no fluxo das informações	NI
34	Pereira e Cachadinha (2011)	Redução do lead time	NI
		Redução de Custos	
35	Ramalingam (2018)	Redução do lead time	NI
		Diminuição do cycle time	
36	Ramani e KSD (2019)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	NI
		Redução do lead time	
		Aumento da flexibilidade	
		Aumento de Produtividade	
		Redução de Custos	
		Aumento de Produtividade	
37	Rosenbaum, Toledo e Gonzalez (2012)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	NI
		Redução do lead time	
		Redução da variabilidade	
		Redução de Custos	
		Diminuição do cycle time	

38	Rosenbaum, Toledo e González (2013)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	NI
		Redução do lead time	
		Redução da variabilidade	
		Aumento da flexibilidade	
		Redução de Custos	
		Aumento de Produtividade	
		Diminuição do cycle time	
39	Sakka e Hamzeh (2017)	Redução do lead time	NI
40	Sakka et al. (2016)	Redução do lead time	50,60%
		Redução de Custos	NI
		Redução do Retrabalho	85%
41	Saurin e Sanches (2014)	-	-
42	Vilventhan, Ram e Sugumaran (2019)	-	-
43	Xiaosheng e Hamzeh (2020)	Redução da variabilidade	NI
		Redução de Custos	
		Aumento de Produtividade	
44	Xie et al. (2017)	-	-
45	Yu et al. (2009)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	NI
		Redução do lead time	50%
		Redução da variabilidade	NI
		Aumento da flexibilidade	NI
		Redução de Custos	NI
		Aumento de Produtividade	NI
46	Yu et al. (2011)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	NI
		Diminuição do número de passos	NI
		Aumento da flexibilidade	NI
		Redução de Custos	18%
		Aumento de Produtividade	10%
47	Zhang (2013)	Redução do tempo de atividades que não agregam valor	NI
		Redução do lead time	20%
		Redução da variabilidade	NI
		Aumento da flexibilidade	NI
		Aumento de Produtividade	NI

Fonte: Elaboração própria (2022).

7.2 Anexo B - Comprovante de submissão e aprovação de artigo no XLII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP 2022

ABEPRO - ENEGEP 2022 – Artigo Aprovado

ABEPRO <secretaria@abepro.org.br>
Para: maria.morato@aluno.ufop.edu.br

18 de julho de 2022 11:18



Prezado Maria Luiza de Souza Morato,

Estamos felizes em informar que o artigo intitulado "TN_ST_382_1886_43467 - Aplicação do Value Stream Mapping na construção civil: uma revisão sistemática da literatura" foi aprovado para o ENEGEP 2022. Parabéns!

Para garantir que esse artigo seja publicado, um dos autores deverá se inscrever no evento até o dia 31/08/2022.

Confira os novos valores de inscrição e faça parte do maior evento de Engenharia de Produção Nacional: <http://portal.abepro.org.br/enegep/>.

Até breve!
Atenciosamente,
Comitê Científico ENEGEP 2022
<https://linktr.ee/abepro>

7.3 Anexo C - Comprovante de submissão de artigo para a revista *International Journal of Lean Six Sigma*



International Journal of Lean Six

Value Stream Mapping application for construction industry loss and waste reduction: a systematic literature review

Journal:	<i>International Journal of Lean Six Sigma</i>
Manuscript ID	Draft
Manuscript Type:	Research Paper
Keywords:	Value Stream Mapping, VSM, Lean Construction, Civil Construction, Construction Industry

SCHOLARONE™
Manuscripts