

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

QUELI CUNHA DE LIMA PEDRO

**MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR: UMA PROPOSTA CONSTRUÇÃO
ENXUTA PARA INOVAÇÃO EM PROCESSOS DE SERVIÇOS
NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

CAMPO MOURÃO

2025

QUELI CUNHA DE LIMA PEDRO

**MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR: UMA PROPOSTA CONSTRUÇÃO
ENXUTA PARA INOVAÇÃO EM PROCESSOS DE SERVIÇOS
NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Value stream mapping: a lean construction proposal for innovation in
service processes in civil construction**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Inovações Tecnológicas do Programa de Mestrado em Inovações Tecnológicas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Eudes José Arantes.

Coorientador: Flávia Aparecida Reitz Cardoso.

CAMPO MOURÃO

2025



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão



QUELI CUNHA DE LIMA PEDRO

MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR: PROPOSTA DE CONSTRUÇÃO ENXUTA PARA INOVAÇÃO EM PROCESSOS DE SERVIÇOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Inovações Tecnológicas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Inovações Tecnológicas.

Data de aprovação: 28 de Março de 2025

Dr. Eudes Jose Arantes, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Flavia Aparecida Reitz Cardoso, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Marcos Junio Ferreira De Jesus, Doutorado - Universidade Estadual do Paraná (Unespar)

Dra. Paula Cristina De Souza, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 28/03/2025.

Dedico este trabalho ao Senhor Deus,
pois sem Sua misericórdia e amor em
minha vida, nada disso seria possível.
E, ao meu amado esposo, por seu
apoio, dedicação e paciência
ao longo desta trajetória.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus, por ter preparado esta oportunidade de estudar, abrindo caminhos em minha vida, me concedendo entendimento, sabedoria, saúde e forças em toda a trajetória do curso.

A UTFPR, a todos os professores que fizeram parte da minha vida ao longo do mestrado. Em especial ao professor Eudes José Arantes e professora Flávia Aparecida Reitz Cardoso, que com paciência me instruíram na composição desta dissertação.

A PRC Empreendimentos, a equipe de engenharia da obra, e principalmente aos trabalhadores que acompanhei na execução dos serviços abordados nesta pesquisa.

A Débora C. S. de Oliveira e Karine C. Correa pelo auxílio e orientação cedida ao longo dos meses durante a pesquisa prática.

E a todos que de maneira direta ou indireta colaboraram para que esta pesquisa fosse possível de ser realizada.

A educação é o grande motor do desenvolvimento pessoal. É através dele que a filha de um camponês se torna médica, que o filho de um mineiro pode chegar a chefe de mina, que um filho de trabalhadores rurais pode chegar a presidente de uma grande nação.

(Mandela, 1918-2013)

RESUMO

A indústria da construção civil desempenha um papel fundamental no progresso econômico de diversas nações, sendo um dos principais motores da produção e movimentação financeira em toda a cadeia produtiva. Além de contribuir diretamente para o crescimento econômico, gera empregos, impulsiona setores diversos da sociedade e promove o recolhimento de impostos. No entanto, o setor enfrenta desafios significativos, como o elevado consumo de recursos naturais, desperdícios, resistência à adoção de tecnologias inovadoras, planejamento inadequado, baixa produtividade e fluxos produtivos fragmentados. Diante desta realidade, novas abordagens e ferramentas de gestão foram incorporadas, com destaque para a Construção Enxuta, uma metodologia inovadora que visa melhorar a qualidade e o desempenho dos processos, superando os métodos tradicionais de gerenciamento. O objetivo desta pesquisa foi aplicar o mapeamento do fluxo de valor nos serviços de execução de alvenaria, reboco interno e externo, com o intuito de propor melhorias e inovações com um plano de ação fundamentado nos princípios e ferramentas da Construção Enxuta, visando à eliminação dos desperdícios em uma obra residencial multifamiliar localizada em Maringá/PR. Por meio desta abordagem, foi possível analisar os processos e identificar desperdícios durante a execução dos serviços estudados. O mapeamento do fluxo de valor no estado atual e desejado, juntamente com o plano de ação proposto, resultou na eliminação de 236,17 minutos de desperdícios, além de promover uma redução de aproximadamente 23,5% no tempo de processamento para o serviço de levantamento de alvenaria e de 17% para os serviços de reboco interno e externo.

Palavras-chave: eficiência operacional; melhoria contínua; gestão de processos; redução de desperdícios; transformação digital.

ABSTRACT

The construction industry plays a fundamental role in the economic progress of several nations, being one of the main drivers of production and financial movement throughout the production chain. In addition to contributing directly to economic growth, it generates jobs, boosts various sectors of society and promotes tax collection. However, the sector faces significant challenges, such as high consumption of natural resources, waste, resistance to the adoption of innovative technologies, inadequate planning, low productivity and fragmented production flows. In view of this reality, new approaches and management tools have been incorporated, with emphasis on Lean Construction, an innovative methodology that aims to improve the quality and performance of processes, overcoming traditional management methods. The objective of this research was to apply value stream mapping to masonry, internal and external plastering services, to propose improvements and innovations with an action plan based on the principles and tools of Lean Construction, aim at eliminating waste in a multi-family residential project located in Maringá/PR. Through this approach, it was possible to analyze the processes and identify waste during the execution of the services studied. The mapping of the value stream in the current and desired state, together with the proposed action plan, resulted in the elimination of 236.17 minutes of waste, in addition to promoting a reduction of approximately 23.5% in processing time for the masonry lifting service and 17% for the internal and external plastering services.

Keywords: operational efficiency; continuous improvement; process management; waste reduction; digital transformation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo Ford T.....	17
Figura 2 - Linha do tempo do stp.....	20
Figura 3 - Imagem básica da produção Construção Enxuta	22
Figura 4 - Processo tradicional.....	23
Figura 5 - Processo enxuto	25
Figura 6 - Porcentagem do tempo gasto nas atividades da construção civil....	26
Figura 7 - Aprendendo a enxergar muda.....	28
Figura 8 - Os 4 princípios do sistema de produção para construção	33
Figura 9 - Processamento em grandes e pequenos lotes	34
Figura 10 - Comparação do princípio <i>takt</i> entre indústria e construção.....	36
Figura 11 - Comparativo entre a produção empurrada e puxada	37
Figura 12 - Comparação: princípio zero defeito na indústria e na construção..	38
Figura 13 - Mapeamento de fluxo de valor atual.....	40
Figura 14 - Mapeamento de fluxo de valor futuro.....	41
Figura 15 - Figuras padrão para mapeamento do fluxo de valor	42
Figura 16 - Kanban de produção e de retirada	46
Figura 17 - Implantação sistêmica do ciclo PDCA	48
Figura 18 - Condomínio Nest 635 Vertical Houses	53
Figura 19 - Fluxograma de implantação das etapas da pesquisa.....	54
Figura 20 - Equivalência de tempo para execução dos serviços estudados	54
Figura 21 - Fluxograma: execução da alvenaria.....	59
Figura 22 - Marcação da linha de eixo.....	59
Figura 23 - Linha de eixo no 15º pavimento.....	61
Figura 24 - Marcação nas faces laterais dos pilares	62
Figura 25 - Execução da primeira fiada.....	63
Figura 26 - Talisca da primeira fiada	65
Figura 27 - Taliscas ao longo da primeira fiada.....	65
Figura 28 - Talisca em fiada paralela.....	66
Figura 29 - Instalação do escantilhão.....	67
Figura 30 - Elevação da alvenaria	68
Figura 31 - Taliscamento em paredes extensas	70
Figura 32 - Taliscamento em paredes perpendiculares.....	70
Figura 33 - Fluxograma: execução do reboco interno	71
Figura 34 - Aplicação da tela de reforço.....	72
Figura 35 - Execução do reboco interno	73
Figura 36 - Execução do reboco externo	74
Figura 37 - Quadro de pedidos de argamassa estabilizada.....	75
Figura 38 - Argamassa estabilizada no andar de consumo.....	75
Figura 39 - Fluxograma: processamento de argamassa de cal	76

Figura 40 - Etapas de processamento de argamassa de cal	76
Figura 41 - Equipamento cremalheira	79
Figura 42 - Diagrama de espaguete no transporte vertical.....	81
Figura 43 - MFV estado atual execução de alvenaria	83
Figura 44 - MFV estado atual reboco interno e externo	86
Figura 45 - MFV estado futuro execução de alvenaria	91
Figura 46 - MFV estado futuro reboco interno e externo	92
Figura 47 - Kanban de solicitação de argamassa rodada em obra.....	95
Figura 48 - Kanban de solicitação de materiais.....	95
Figura 49 - Cartão Kanban.....	96
Figura 50 - Quadro para solicitação de argamassas para Kanban.....	96
Figura 51 - Quadro para solicitação de materiais para Kanban	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Etapas para execução da linha de eixo	62
Tabela 2 - Etapas para execução da primeira fiada da alvenaria.....	64
Tabela 3 - Taliscamento na primeira fiada	67
Tabela 4 - Levantamento da alvenaria.....	68
Tabela 5 - Taliscamento superior da alvenaria.....	71
Tabela 6 - Preparação do substrato.....	72
Tabela 7 - Reboco interno.....	73
Tabela 8 - Reboco externo.....	74
Tabela 9 - Processamento de argamassa de cal	76
Tabela 10 - Fluxo de pedidos para argamassa de assentamento.....	77
Tabela 11 - Fluxo de pedido de argamassa para chapisco.....	78
Tabela 12 - Fluxo de pedidos argamassa de cal.....	78
Tabela 13 - Variação de espera de pedidos de argamassa.....	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - A relação entre os 4 Ps e os 14 princípios do STP.....	21
Quadro 2 - Particularidades da construção civil tradicional	24
Quadro 3 - Comparação entre o modelo tradicional e enxuto	26
Quadro 4 - Funções e regras do sistema kanban.....	45
Quadro 5 - Práticas visuais	47
Quadro 6 - Classificação do desperdício MFV execução de alvenaria.....	84
Quadro 7 - Classificação de desperdício no MFV reboco.....	87
Quadro 8 - Proposta de melhoria.....	88
Quadro 9 - Plano de ação 5W2H	93

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	156
3.1	Histórico da produção enxuta	16
3.2	Da gestão tradicional ao sistema de Construção Enxuta	22
3.3	Construção Enxuta	29
3.4	Os pilares da Construção Enxuta	31
3.5	Mapeamento de fluxo de valor	38
3.6	As práticas e ferramentas da Construção Enxuta aplicadas na construção	42
4	METODOLOGIA	49
4.1	Classificação da pesquisa	49
4.2	Limitação e delimitação da pesquisa	50
4.3	Objeto de estudo	51
4.4	Etapas de implantação	52
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
5.1	Apresentação dos macroprocessos	58
5.1.1	Execução da alvenaria	59
5.1.2	Execução do reboco interno	71
5.1.3	Execução do reboco externo	73
5.1.4	Fluxograma de processamento da argamassa	74
5.1.5	Transporte das argamassas processadas <i>in loco</i>	77
5.1.6	Logística da cremalheira de transporte de materiais	79
5.2	Mapeamento do fluxo de valor atual	82
5.2.1	MFV estado atual da alvenaria	82
5.2.2	MFV estado atual de reboco interno e externo	85
5.3	Proposta de melhoria	88
5.4	Mapeamento do fluxo de valor no estado futuro	89
5.4.1	MFV estado futuro de alvenaria	90
5.4.2	MFV estado futuro de reboco interno e externo	91
5.5	Plano de ação para implantação	92
5.5.1	Esquematização para implantação do Kanban	95
6	CONCLUSÃO	98
	REFERÊNCIAS	101

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil pode ser considerada um dos pilares do progresso econômico de qualquer nação, devido à sua capacidade integral de produção e movimentação financeira em toda a cadeia produtiva do país. Contribuindo significativamente para o crescimento econômico, o setor colabora com diversos segmentos da sociedade, gerando empregos e contribuindo com impostos (Sarhan *et al.*, 2017; Tezel *et al.*, 2018).

Estudos da Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC indicam que, no segundo semestre de 2020, o setor representou 6,9% do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Em contrapartida, esse percentual reduziu para 2,7% em 2022, com um leve crescimento para 2,9% em 2023, e a consolidação do crescimento em 2024 em 4,1% (Inteligência Econômica CBIC, 2024).

A construção civil mantém um papel crucial na geração de empregos. Em 2023, o setor registrou um aumento no número de trabalhadores formais, atingindo a marca de 2,675 milhões de empregos, correspondendo a 14,23% do total de vagas criadas no país (Nacarato, 2023).

É importante destacar que o crescimento populacional aumenta a demanda por novas construções para sustentar o crescimento urbano. De acordo com o último censo realizado pelo IBGE em 2022, a população brasileira atingiu 207,8 milhões de habitantes, distribuídos regionalmente da seguinte forma: Norte com 17.834.762 habitantes, Nordeste com 55.389.382, Sudeste com 87.348.223, Sul com 30.685.598, e Centro-Oeste com 16.492.326 habitantes (Belandi; Guimarães, 2022).

Neste contexto, destaca-se o *déficit* habitacional nacional, que cresceu de 5,876 milhões de moradias em 2019 para 6,215 milhões em 2022, evidenciando a necessidade crucial do setor da construção civil em atender à demanda habitacional (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022).

No entanto, a construção civil enfrenta desafios significativos, como o alto consumo de recursos naturais e o desperdício de materiais. Estima-se que 75% dos recursos extraídos do meio ambiente são destinados à construção civil, e que 21% de toda água tratada do planeta é usada na execução de edificações, gerando impactos ambientais consideráveis (US Green Building Council Leed, 2018). Além disso, o setor é frequentemente criticado por sua resistência à adoção de tecnologias avançadas em comparação com outros setores industriais (Bajjou; Chafi, 2018).

Outro ponto crítico são os desperdícios. Estudos revelam que metade dos fatores que contribuem para o desperdício de materiais em obras está relacionada à falta de treinamento adequado da mão de obra, seguida por deficiências na adoção de técnicas construtivas apropriadas, políticas internas das empresas e uso inadequado de equipamentos. Qualquer atividade que aumente custos e tempo produtivo sem agregar valor é considerada desperdício (Maradzano *et al.*, 2019).

Ainda, o planejamento inadequado na obra (Gomez & Morales, 2016), a improdutividade no setor (Barbosa *et al.*, 2017, Del Savio *et al.*, 2022) e a limitada colaboração juntamente com fluxos produtivos fragmentados, também aumentam os desafios enfrentados pelo setor da construção civil (Schöttle *et al.*, 2014).

Diante destes desafios, novos conceitos e ferramentas estão sendo integrados à gestão para enfrentar os desafios da construção civil. A Construção Enxuta, representa uma abordagem inovadora em relação aos métodos tradicionais de gerenciamento, focando na qualidade e desempenho do processo (Tezel *et al.*, 2019).

Esta abordagem envolve o reconhecimento do valor específico do produto, o estabelecimento de fluxo contínuo de produção e de valor, busca pela perfeição, padronização e entrega sem atrasos. Esta prática inclui transparência, pausas no fluxo de produção para avaliar o valor dos produtos, e um controle contínuo do processo de fabricação para tomada de decisões precisa e transparente (Saieg *et al.*, 2018).

Portanto, aprimorar o sistema de produção com eficiência e rapidez requer uma melhoria contínua no planejamento, alinhando qualidade, eficiência e rentabilidade. Neste contexto, esta pesquisa visa aplicar o processo de mapeamento do fluxo de valor dos serviços de execução de alvenaria, reboco interno e externo, buscando identificar os desperdícios, para daí então propor inovação através de um plano de ação para aplicação das ferramentas e princípios da Construção Enxuta, com o objetivo de reduzir a variabilidade do processo e agregar valor ao cliente, eliminando desperdícios (Shang; Sui Pheng, 2014; Ahmed *et al.*, 2019).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Aplicar o mapeamento do fluxo de valor nos serviços de execução de alvenaria, reboco interno e externo, propondo melhoria e inovação por meio de um plano de ação e aplicação das ferramentas e princípios da Construção Enxuta para eliminação dos desperdícios em uma obra residencial multifamiliar na cidade de Maringá/PR.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar o estudo de tempos e movimentos referente aos serviços de execução de alvenaria, reboco interno e externo.
- Mapear o fluxo de valor no estado atual operacional dos serviços de alvenaria e reboco interno e externo.
- Identificar o tempo de ciclo e os desperdícios em cada serviço estudado.
- Desenhar o mapeamento do estado desejado operacional dos serviços de alvenaria e reboco interno e externo.
- Propor soluções e melhorias a serem implementadas pelos princípios e ferramentas da Construção Enxuta.

Diante dos objetivos propostos para realização da pesquisa, faz-se necessário a realização do embasamento teórico para guiar toda a metodologia de desenvolvimento da dissertação. Neste sentido o Capítulo 3 abordará os principais temas que influenciaram a presente pesquisa.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção discute a evolução histórica da produção enxuta e seus pilares fundamentais, aplicados no contexto específico da construção civil. Inicia-se com uma contextualização histórica sucinta, seguida de uma análise do sistema tradicional vigente na construção civil. Em seguida, são explorados os princípios do pensamento enxuto e sua adaptação e implementação no setor da construção civil. Por fim, apresenta-se uma análise detalhada da filosofia da Construção Enxuta aplicada à construção civil, destacando suas práticas e benefícios no contexto da eficiência e melhoria contínua.

3.1 Histórico da produção enxuta

Posteriormente à Primeira Guerra Mundial, Alfred Sloan, presidente da General Motors, e Henry Ford, engenheiro mecânico, guiaram a produção secular artesanal para a era da produção em massa (Womack, 2004).

Conforme explicado por Pascal, 2008, a produção artesanal discorria da matéria prima, produção e manutenção do produto, cujas características de produção eram:

- a. Trabalhadores empreendedores com conhecimento e habilidade em design, equipamento e montagem.
- b. Estrutura descentralizada, em grande parte, pequenas oficinas eram responsáveis pela produção de peças. O empresário e dono, supervisionava o processo e mantinha contato direto com os fornecedores, funcionários e clientes.
- c. Máquinas utilizadas para uso geral, empregadas para ações de corte, perfuração e polimento das peças.
- d. Produção em pequena escala e custo elevado.

O artesão possuía especialização em sua mão-de-obra, fazendo uso de ferramentas simples e flexíveis, para produzir precisamente o que o cliente desejava, fazendo um item de cada vez (Womack, 2004).

Objetivando a ampliação do consumo pela melhoria da eficiência dos sistemas de produção e redução dos custos dos bens e serviços, foi desenvolvida a área de engenharia de produção. A criação de empregos, a padronização de produtos e processos, a capacidade de trabalhadores e controle da produção são os elementos fundamentais que distinguem a produção industrial da artesanal (Borges, 2016).

Fred Winslow Taylor, no início do século XX, gestor de uma fábrica localizada na Filadélfia, estabeleceu os pilares da produção em massa ao empregar princípios científicos na produção. Sua abordagem se fundamentava na divisão entre planejamento e execução, por meio da implementação de novas técnicas, tais como: padronização no trabalho, tempo de ciclo produtivo reduzido, medição e análise para melhoria (Pascal, 2008).

Para Taylor, a organização modelo deveria ser estruturada e com hierarquias, isto é, cada funcionário deveria desempenhar uma atividade específica no processo produtivo. A repetição destas tarefas realizadas pelo trabalhador os tornaria especialistas em suas respectivas funções (Taylor, 1990).

Enquanto isso, um jovem empreendedor estadunidense, chamado Henry Ford, procurava criar um carro que fosse fácil para fabricar e consertar. Em 1908, Ford finalmente alcançou seu objetivo com o Modelo T, conforme Figura 1.

Figura 1 - Modelo Ford T



Fonte: Barros (2014, p. 27).

Para Ford a padronização poderia ser de qualquer cor, desde que fosse preto, e para produção em massa era preciso um projeto benévolo e adequado ao uso e ao alcance de todos (Barros, 2014).

Segundo Pascal (2008) as principais inovações na produção em larga escala introduzidas por Ford foram a padronização e facilidade na montagem das peças, diminuição das atividades exigidas de cada operário, e linha de montagem em movimento. Acarretando, desta forma, na redução do esforço humano necessário para montagem de um veículo, bem como, em uma notável redução de custo. Quanto mais o volume de produção aumentava, mais diminuía o preço do automóvel.

Este método resultava em produtos padronizados, produzidos em grande quantidade e vendidos a preços baixos (Womack, 2004). Ao estabelecer a linha de montagem em série, elevava-se a produtividade, resultando em altos volumes de produtos (Arantes, 2008).

O modelo Fordista seguiu com um período de muita prosperidade trazendo consigo acumulação de capital, chegando ao seu auge nas décadas de 1950 e 1960, até que sinais de declínio começaram a surgir, fatos como a diminuição do percentual de lucro, devido ao excesso de produção, barreiras para atender as expectativas dos clientes, visto que só havia um modelo, a desvalorização do dólar, greves e manifestações devido as lutas sociais, e pôr fim à crise do petróleo (Pedroso, 2004).

A crise do petróleo, em 1973, causou severos problemas para as empresas, governos e para sociedade ao redor do mundo. O Japão foi um dos países gravemente impactado, visto que, um ano posteriormente a crise, não houve crescimento, além disso, muitas empresas de diversos setores enfrentavam desafios financeiros significativos (Ohno, 1997)

Em resposta à crise, a empresa Toyota Motor Corporation, no Japão, desenvolveu e implementou o Sistema Toyota de Produção, com o principal objetivo de eliminar ineficiências e desperdícios velados dentro dos processos produtivos na organização, por meio de contínuas atividades de aprimoramento (Monden, 2015)

Foram anos de estudos e aprimoramentos até Eiji Toyoda e Taiichi Ohno chegarem ao seu próprio modelo de gestão. Tudo teve início na primavera de 1950, quando um jovem engenheiro japonês, Eiji Toyoda, fez uma visita à fábrica Rouge da Ford, em Detroit. Nesta época, tanto o Japão quanto a Toyota Motor, empresa fundada por sua família em 1937, enfrentavam desafios econômicos. Enquanto a Toyota produziu 2685 automóveis em treze anos, a Rouge fabricava 7.000 veículos por dia (Pascal, 2008).

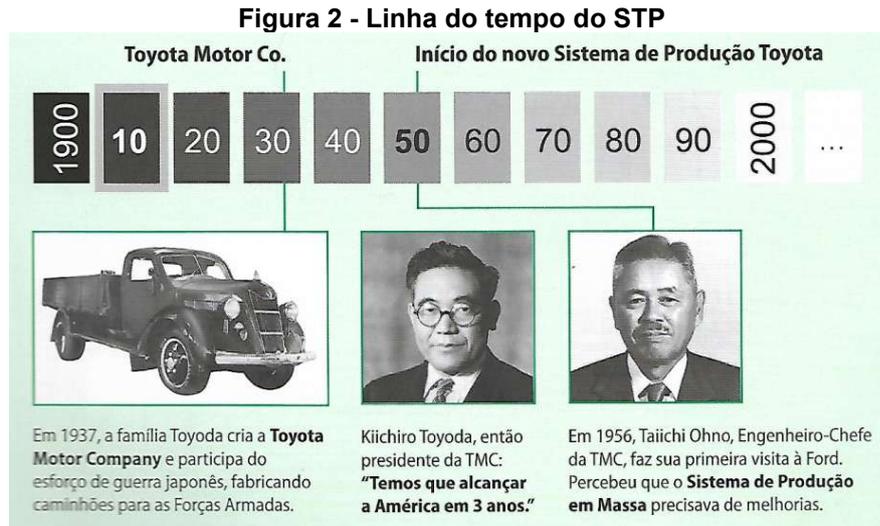
Eiji Toyoda examinou cuidadosamente toda Rouge, considerada a maior e mais eficiente indústria de fabricação de automóveis do mundo. Regressando ao Japão, concluíram que o modelo de produção em massa era inviável ao Japão, dada a pequena dimensão do mercado interno e a variedade exigida. Além disso, a economia japonesa estava em ruínas após o término da Segunda Guerra Mundial, e também, a concorrência de fábricas de automóveis no mercado global. No entanto, identificaram algumas oportunidades de aprimoramento do sistema de produção (Pascal, 2008).

A Toyota tinha o objetivo de se tornar uma renomada fabricante de veículos, porém enfrentava uma lacuna em relação aos concorrentes americanos e europeus. Era comum dizer que a produtividade dos trabalhadores americanos era nove vezes maior do que a dos japoneses. Assim, a Toyota concluiu que a desproporção de produtividade se devia à presença de perdas no sistema produtivo. A identificação de oportunidades de melhorias no sistema Americano, possibilitou a implantação de processos que identificavam e eliminavam as falhas (Grenho, 2009).

Com o enfraquecimento do Fordismo, era necessário o aparecimento de um novo modelo de gestão adequado à realidade econômica mundial. Desta forma, os admiráveis resultados alcançados pela Toyota Motor Company, fizeram com que a atenção mundial, se voltasse ao Japão. O segredo do sucesso deste novo modelo de gestão foi a inclusão de meios inovadores que rescindiriam com os princípios do modelo de produção em massa (Ghinato, 1996).

Apoiados por parceiros de mercado, Toyoda iniciou na empresa estudos para o desenvolvimento de princípios e ferramentas voltadas a Engenharia de Processos e de Produção que auxiliassem na diminuição e eliminação dos desperdícios, tornando-os enxutos e aumentando a eficiência por meio de resultados imediatos.

A Figura 2 ilustra a linha do tempo do Sistema Toyota de Produção (STP).



Outro fator importante para tornar o sistema um grande sucesso foi Ohno perceber que o trabalhador era seu recurso mais importante. Mas isto se deu após acordos com o sindicato que levaram a garantia do emprego permanente e pagamento vinculado a senioridade e a lucratividade da empresa por meio de bônus, tornando os funcionários mais flexíveis e apoiadores de melhorias contínuas, deixando-os seguros para se envolver nos processos em busca de reduzir as perdas. O resultado foi uma base de trabalho embasado na cooperação, maleabilidade e benefícios recíprocos (Pascal, 2008).

É importante complementar que o produtor enxuto adota uma abordagem que combina as vantagens da produção artesanal e da produção em massa, evitando os altos custos da primeira e a inflexibilidade da segunda. Para isso, ele utiliza equipes de trabalhadores multiquificados em todos os níveis da empresa, além de máquinas altamente flexíveis e cada vez mais automatizadas, com a finalidade de produzir grandes volumes de produtos variados (Womack, 2004).

Neste contexto, o Sistema Toyota de Produção (STP), uma filosofia manufatureira, visa o aprimoramento da cadeia produtiva, buscando compreender e atender as necessidades do cliente de maneira rápida, com qualidade superior e custos reduzidos. Além disso, este sistema visa a integração de todos setores existentes na empresa, buscando alcançar mais segurança e satisfação de seus funcionários (Grenho, 2009). Equipes eficientes e eficazes são a base para uma conquista expressiva de resultados (Liker e Meier, 2007).

Após 20 anos de pesquisas feitas na Toyota nas áreas de produção, desenvolvimento de produto, logística e de vendas, resultou no desenvolvimento de

14 princípios, os quais tem o intuito de facilitar a pulverização e aprendizado do STP. Estes, por sua vez, foram organizados em quatro seções chamadas “4 Ps” do inglês: *philosophy* (filosofia), *process* (processo), *people/ parthers* (pessoal e parceiros), e por fim, *problem solving* (problemas), Liker (2005). O Quadro 1 demonstra a relação entre os “4 Ps” e os quatorze princípios do Sistema Toyota de Produção.

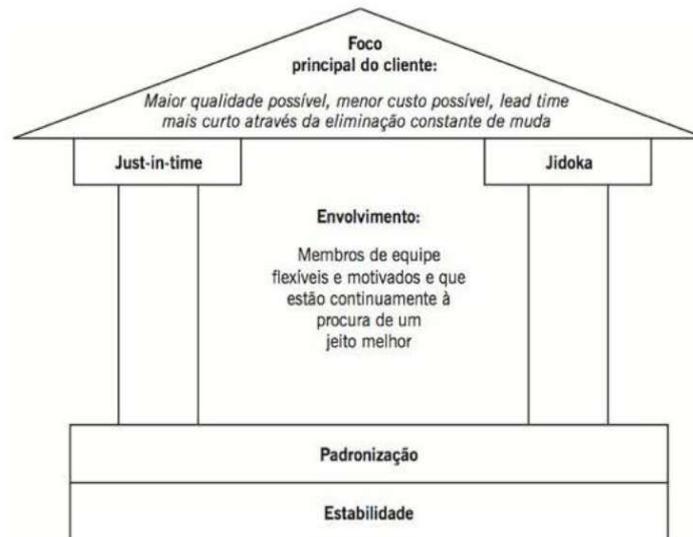
Quadro 1 - A relação entre os 4 Ps e os 14 princípios do STP

4 Ps	PRINCÍPIO DO MODELO TOYOTA
<i>Philosophy</i> (Filosofia de longo prazo)	Princípio 1. Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo.
<i>Process</i> (O processo certo conduzirá aos resultados certos)	Princípio 2. Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona. Princípio 3. Usar sistemas puxados para evitar a superprodução. Princípio 4. Nivelar a carga de trabalho (<i>heijunka</i>). Princípio 5. Construir uma cultura de parar e resolver problemas para obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa. Princípio 6. Tarefas padronizadas são a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários. Princípio 7. Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto. Princípio 8. Usar somente tecnologia confiável e plenamente testada que atenda aos funcionários e processos.
<i>People/Partners</i> (Valorização da organização pelo desenvolvimento de seus funcionários e parceiros)	Princípio 9. Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros. Princípio 10. Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa.
<i>Problem Solving</i> (A solução contínua da raiz dos problemas conduz à aprendizagem organizacional)	Princípio 11. Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar. Princípio 12. Ver por si mesmo para compreender completamente a situação (<i>genchi genbutsu</i>). Princípio 13. Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções e implementá-las com rapidez. Princípio 14. Tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável (<i>hanse</i>) e pela melhoria contínua (<i>kaizen</i>).

Fonte: Lorenzon (2008, p. 29).

Com o avanço das melhorias praticadas na empresa, nasceu a precisão de difundir o método utilizado nas demais plantas da Toyota. Desta forma, Fuijo Cho, aprendiz de Taiichi Ohno, elaborou uma representação simples, uma casa (Figura 3). A escolha desta representação se deu pela justificativa de uma casa ser um sistema estruturado, firme e equilibrado. O equilíbrio do sistema se dá por meio da fundação, estrutura e cobertura resistente. Uma junção fraca entre as partes pode ruir todo o sistema (Liker, 2005).

Figura 3 - Imagem básica da produção Construção Enxuta



Fonte: Pascal (2008, p. 37).

A fundamentação do sistema é a estabilidade e a padronização. As paredes que a cercam, firmam-se pelos pilares do *just-in-time*, apenas o necessário, e *jidoka*, automação, os quais referem-se à entrega de peças e produtos. O telhado, meta do sistema, é focado no cliente, ou seja, conceder a mais elevada qualidade para o cliente, ao mais pequeno custo, em um curto *lead time*. O ponto central do sistema é a colaboração dos trabalhadores e seu envolvimento na procura de formas melhores para executar as tarefas (Pascal, 2008).

3.2 Da gestão tradicional ao sistema de Construção Enxuta

A estrutura de gestão tradicional na construção civil apresenta estimativas de custo e tempo, onde uma nova etapa começa posteriormente a finalização da anterior, gerando dependência entre uma fase e outra, conhecida como método cascata (Vale; Alves, 2022).

O modelo da construção civil considerado via tradicional é caracterizado por uma abordagem sequencial, em que cada etapa é realizada separadamente, com pouca comunicação e reduzida colaboração entre as equipes envolvidas. Isso resulta em um fluxo de trabalho fragmentado, desperdícios de recursos e prazos prolongados (Lima, 2023, p. 26).

Neste mesmo sentido, Singh e Kumar (2020) contribuem explicando que os processos da construção tradicional se definem por pouca comunicação entre as equipes, onde as tarefas são atribuídas separadamente e os executores do serviço dirigem-se estritamente a uma única pessoa com hierarquia superior, ocasionando dificuldades de flexibilização para mudanças e ocorrência de imprevistos ao longo da

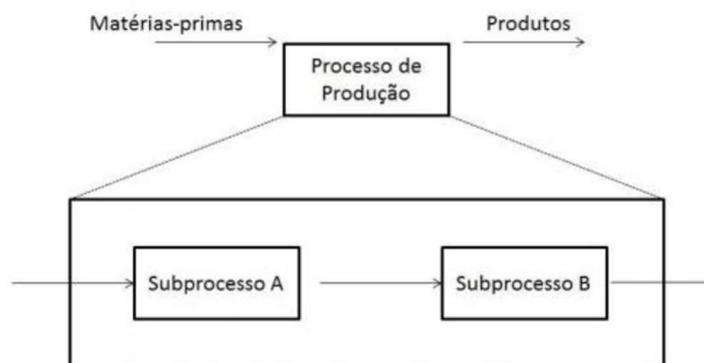
execução da obra, resultando em aumento orçamentário e de tempo. Ferrer (2021) acrescenta que existem vários processos no sistema construtivo importantes durante a execução da obra, no entanto, há muitos anos são realizados da mesma forma.

Barros (2014) apresenta alguns problemas característicos da construção civil:

- a) Fraca experiência e formação dos profissionais em sistema de gestão e de planejamento. Geralmente o planejamento é feito pelo mestre de obras e encarregados.
- b) Controle da qualidade realizado conforme a experiência do trabalhador, sem padronização e ineficaz.
- c) Pouco envolvimento de gestores na solução de problemas.
- d) Projetos falhos e com atraso de entrega.
- e) Pouco interesse das empresas em qualificar sua mão de obra, devido a alta rotatividade de trabalhadores.
- f) Baixa produtividade dos trabalhadores no setor.
- g) Falha de gestão entre a empresa e *stakeholders* nas distintas fases do projeto.
- h) Carência de transparência das etapas do projeto e falha de comunicação entre partes interessadas.

Neste contexto, Koskela (1992) explica que o modelo tradicional de gestão na construção civil é um modelo de conversão, onde a execução de diversas atividades modifica os insumos para produtos intermediários, e a soma destas conversões deriva o produto final, ou seja, a edificação, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Processo tradicional



Fonte: Adaptado de Koskela (1992, p. 13).

O modelo tradicional de conversão, desenvolvido no século XIX por meio de processos de produção de caráter único e simples, tornou-se duvidoso e incapaz de gerir o complexo processo de produção ao longo do tempo. Inicialmente focado apenas na transformação, esse modelo se mostrou ineficaz para garantir a eficiência do processo produtivo atual (Ruppenthal *et al.*, 2015). As particularidades da indústria da construção civil são demonstradas no Quadro 2, evidenciando como este setor também exige adaptações para atender à crescente complexidade e às demandas atuais.

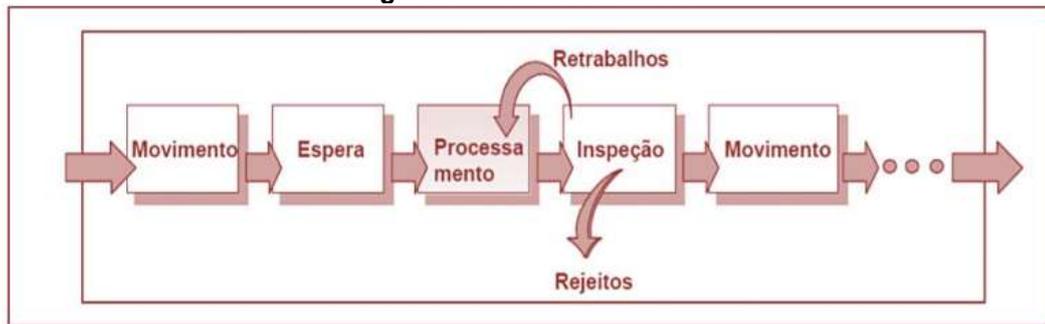
Quadro 2 - Particularidades da construção civil tradicional

Particularidade	Características
Produto	Produto fixo e geralmente de grande porte.
Produção	A produção é realizada de acordo com o local da obra. Todas atividades a serem executadas para realização da obra são neste local.
Longevidade e ciclo de vida	Produto final com elevado custo, utilizado pelo cliente por um longo tempo. Produto singular devido a necessidade do cliente.
Estações de trabalho	Construção do produto final a partir da execução de pequenas frações individuais onde as frentes de trabalho se deslocam através destas partes executadas.
Clientes	Na maioria das vezes o cliente não entende do processo produtivo, desta forma não tem participação ativa na elaboração dos projetos e da execução da obra.
Lead time entre o projeto e a utilização	Longo prazo entre o projeto até o uso do produto, podendo durar anos este período, dependendo da dimensão da obra.
Individualidade, complexidade e custos	Execução de produtos únicos produzidas com grande atraso. O fator único se deve as exigências específicas do cliente, resultando em um produto de grande porte e complexo.
Planejamento, Programação e Controle da Produção	O planejamento é realizado por obra, considerando prazos e recursos necessários, tais como materiais, mão de obra, equipamentos, documentações etc. A programação de produção é realizada conforme necessidades e demandas de cada período da execução da obra, de acordo com o ritmo produtivo e de suas frentes de serviço.
Baixo grau de automação	Produção artesanal, pouca automação.
Modelo de produção	Prazo de entrega da obra por meio de distintas empresas através de acordos contratuais.
Intervenção das autoridades reguladoras	Sujeição a verificação e aprovação do projeto por autoridades reguladoras. Intervenção de autoridades reguladoras na elaboração do projeto. Incerteza e restrições ao processo advindas das autoridades reguladoras.

Fonte: Adaptado de Barros (2014, p. 19).

Devido às suas particularidades, o setor da construção civil é considerado uma classe singular, que muitas vezes apresenta razões ou pretextos para não implementar procedimentos bem estabelecidos e úteis em sua gestão (Koskela, 1992). A busca por melhorias no setor, juntamente com a eficiência de produção e a economia financeira, foi incentivada nos anos 1990 pela filosofia Construção Enxuta, com a publicação do pesquisador Lauri Koskela no Relatório Técnico nº 72 - Application of the New Production Philosophy to Construction, publicado pelo CIFE (Center for Integrated Facility Engineering). Esta filosofia tem como objetivo eliminar atividades que não agregam valor, extinguindo perdas desnecessárias (Koskela, 1992), conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Processo enxuto



Fonte: Adaptado de Koskela (1992, p. 15).

De acordo com Balkhy et al. (2021), este modelo apresenta um fluxo que vai desde a matéria-prima até o produto final, sendo caracterizado por três fatores principais: custo, tempo e valor, onde o valor se refere à satisfação do cliente. As atividades contidas no fluxo são adaptadas ao sistema de produção, com o objetivo de diminuir ou eliminar desvios que possam surgir ao longo do processo produtivo. Este modelo é conhecido como a teoria TFV (Transformação-Fluxo-Valor), proposta por Koskela, e envolve três conceitos centrais:

1. Transformação: consiste em converter insumos em produtos por meio da divisão do trabalho em tarefas, com o objetivo de minimizar custos, agregar valor e aumentar a eficiência na execução das tarefas.
2. Fluxo: inclui o gerenciamento do fluxo de materiais e informações, abrangendo inspeção, movimentação, espera e transformação. Ao aprimorar esse fluxo, é possível minimizar ou eliminar atividades que não agregam valor.
3. Valor: parte da perspectiva do cliente, onde a compreensão das suas necessidades permite que elas sejam atendidas de maneira eficaz.

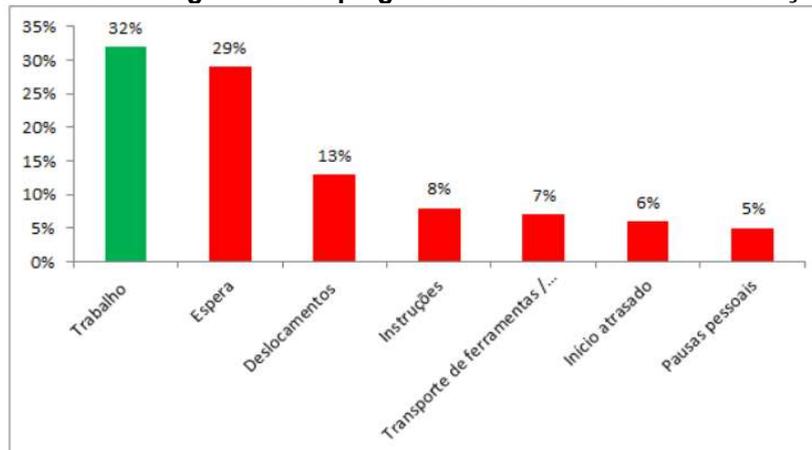
A diferença entre a abordagem de valor no modelo tradicional e no modelo enxuto na construção civil pode ser observada no Quadro 3.

Quadro 3 - Comparação entre o modelo tradicional e enxuto

	Modelo tradicional	Modelo enxuto
Conceitos de produção	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Produção consistem em conversão. ✓ Todos as atividades que constituem o processo agregam valor. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A Produção é composta em conversão e fluxos; ✓ Nem todos os fluxos agregam valor.
Foco de controle	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Custo das atividades. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Custo tempo e valor dos fluxos.
Foco de melhorias	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aumento de rendimento pela introdução de novas tecnologias. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Corte ou redução de atividades que não agregam valor; ✓ Aumento de rendimento em atividades que adicionam valor, através de melhoria constante e novas tecnologias.

Fonte: Adaptado de Koskela (1992, p. 17).

Desvios e perdas que não agregam valor à execução do projeto de construção do empreendimento surgem ao longo do processo e podem ser observados na Figura 6. Nela, é possível verificar que apenas 32% do tempo são dedicados ao trabalho efetivo de execução da obra, enquanto 68% correspondem a diversos desperdícios (Bajjou; Chafi; Ennadi, 2017).

Figura 6 - Porcentagem do tempo gasto nas atividades da construção civil

Fonte: Adaptado de Bajjou; Chafi; Ennadi (2017, p. 123).

O pensamento enxuto tem como objetivo reduzir desperdícios, gerenciar a qualidade, proporcionar flexibilidade para mudanças precisas, valorizar o tempo e atuar com foco em valor (Saieg *et al.*, 2017). Atividades que não agregam valor podem ser eliminadas por meio de um planejamento adequado, decisões assertivas e bancos de dados confiáveis e acessíveis (Akinradewo *et al.*, 2018).

Uma das principais premissas da filosofia Construção Enxuta é a eliminação de desperdícios. Koskela (2000) estabeleceu que, para uma implantação eficiente na indústria da construção civil, é essencial entender os principais tipos de desperdícios a serem eliminados:

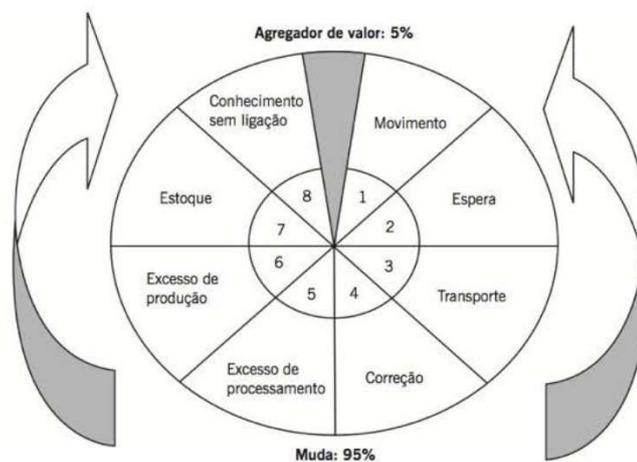
1. Superprodução: esse desperdício ocorre quando se produz em excesso, o que pode resultar em estoques não utilizados devido à mudança nas necessidades do cliente ou por ter sido realizado com muita antecedência, gerando a necessidade de armazenamento adicional, movimentação e transporte extra.
2. Espera: a interdependência das atividades faz com que a espera em uma tarefa possa causar inatividade em cadeia de trabalhadores e equipamentos. Isto pode ocorrer por falhas na execução de atividades, falta de materiais, mão de obra ou equipamentos, ou ainda falhas em processos anteriores.
3. Transporte: o deslocamento de materiais, tanto externo quanto interno, é fundamental, mas o transporte interno não gera valor e pode se tornar um desperdício significativo. Ignorado muitas vezes, ele representa uma parcela importante dos desperdícios internos de uma empresa.
4. Excesso de processamento: todo processo pode ser otimizado, mas isso exige uma abordagem prática que elimine etapas desnecessárias. A minimização de etapas no processamento facilita o planejamento, melhora a qualidade e reduz atrasos, alinhando-se ao conceito de *heijunka* (nivelamento da produção).
5. Inventário: manter inventários resulta em custos adicionais, movimentação extra e necessidade de espaço para armazenamento. O ideal é eliminá-los sempre que possível, pois, em vez de agregar valor, criam custos e imobilizam capital.
6. Movimentação: este desperdício é causado por má organização do layout de trabalho ou pela superprodução. Para eliminá-lo, é necessário que todos os recursos estejam acessíveis no local de trabalho e que o layout seja repensado para maximizar a eficiência.
7. Defeitos: o controle de defeitos é essencial para garantir a satisfação do cliente e a integridade do processo produtivo, evitando que erros comprometam etapas subsequentes. Entre as causas estão transporte inadequado, armazenamento excessivo e má qualidade na execução.
8. Conhecimento desconectado: este tipo de desperdício ocorre quando há falha de comunicação, seja internamente entre trabalhadores, fornecedores ou clientes. A falta de comunicação, tanto vertical quanto horizontal, dificulta

o surgimento de ideias criativas e resulta em frustrações e oportunidades perdidas (Pascal, 2008).

Além destes desperdícios, Koskela e Bertelsen (2004) identificaram o chamado *making-do* que ocorre quando uma atividade é iniciada sem os recursos necessários, levando a atrasos, ineficiências e retrabalhos.

Taiichi Ohno, precursor do Sistema Toyota de Produção (TPS), utilizava como método de treinamento um gráfico que demonstrava a proporção de valor e desperdício, onde apenas 5% das atividades agregam valor, enquanto 95% correspondiam a desperdícios, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Aprendendo a enxergar muda



Fonte: Pascal (2008, p. 40).

A implementação do Sistema Toyota de Produção (TPS) trouxe mudanças significativas na maneira como o desperdício era encarado. Anteriormente, o desperdício era visto como algo normal e aceitável. O TPS, no entanto, direcionou os esforços para a identificação e eliminação dos desperdícios, agregando valor ao produto final (Lima, 2023). A construção enxuta, por sua vez, representa uma metodologia inovadora, distinta das práticas tradicionais utilizadas no setor da construção. Ela promove a eliminação de desperdícios, aumenta a colaboração e eficiência entre as equipes envolvidas e cria um fluxo de trabalho mais eficiente, onde os desperdícios podem ser eliminados (Tezel *et al.*, 2019).

A implantação do Sistema Toyota de Produção

[...] uma mudança drástica no Modelo Tradicional de Construção necessita ser realizada. O mercado brasileiro, suas construtoras e prestadores de serviço, necessitam enxergar que o caminho já está sendo trilhado e que elas possuem plenas condições para mudar definitivamente este quadro e dar um real salto para o futuro (Barros, 2014, p. 26).

Considerando que a obra é um projeto singular e complexo, ainda predomina o conceito tradicional de processo de transformação na construção. A busca por processos que agregam valor ao produto e outros fatores como a produtividade e desperdício poucas vezes se tornam prioridade no ramo construtivo.

No entanto, a metodologia da produção enxuta traz muitas vantagens a serem agregadas na construção civil, para isso é necessário a mudança de mentalidade, de maneira a aperfeiçoar a lógica ou a estrutura de trabalho estabelecida e mantida até os dias atuais no setor (Costa, 2018).

3.3 Construção Enxuta

A transformação de um sistema ou processo exige esforço coletivo, comprometimento e investimento de tempo e recursos desde o início. É fundamental que todos os envolvidos estejam abertos a novos conceitos, evitando a estagnação com métodos de trabalho usados por anos. Frequentemente, frases típicas são usadas como desculpas para evitar a implementação da Construção Enxuta ou da filosofia da Excelência Operacional.

- "Sempre trabalhei dessa forma".
- "Não tenho tempo para isso".
- "Isso vai dar muito trabalho".
- "Isso não está sob minha responsabilidade".
- "É só mais um modismo que logo vai passar".
- "Isso só funciona no exterior, não aqui no Brasil".
- "Já tentamos algo parecido antes" (Barros, 2014, p. 37).

A sensibilização para mudanças na construção civil ainda está em desenvolvimento, principalmente no que se refere à sua aplicação. O objetivo central da construção enxuta é maximizar a produtividade, reduzir a variabilidade, aumentar a eficácia e diminuir custos, com zero defeitos em conversões, movimentações e estoques (Costa, 2008). No setor da construção civil, o propósito é aprimorar métodos e processos para entregar projetos que atendam às necessidades do cliente, eliminando desperdícios e atividades que não agregam valor (Ghosh; Burghart, 2019).

Koskela (1992), apresentou 11 princípios para a implementação do pensamento enxuto na construção civil, com o objetivo de aumentar a eficiência e eliminar processos que não agregam valor, conforme segue:

1. Redução de atividades que não agregam valor: atividades que agregam valor transformam insumos ou informações em resultados demandados

pelo cliente. Já as que não agregam valor consomem recursos, tempo ou espaço sem retorno significativo. Estas atividades surgem por concepção inadequada, ignorância ou pela natureza do processo produtivo. Por exemplo, empresas hierárquicas frequentemente subdividem tarefas, aumentando fiscalização, movimentação e espera desnecessárias. Entretanto, algumas atividades que não agregam valor são necessárias, como a prevenção de acidentes ou contabilidade, enquanto defeitos e acidentes não geram valor e devem ser eliminados.

2. Elevar o valor do produto por meio dos requisitos dos clientes: o valor é determinado pelo atendimento aos requisitos tanto dos clientes internos quanto do cliente final. Assim, é importante projetar um fluxo que atenda sistematicamente os requisitos de cada etapa, incorporando transparência e melhoria contínua.
3. Reduzir a variabilidade: a variabilidade nos processos produtivos adiciona atividades que não agregam valor. A padronização das atividades, por meio de procedimentos estabelecidos, é fundamental para reduzir essa variabilidade.
4. Redução do tempo de ciclo: reduzir o tempo de ciclo diminui o tempo de inspeção, movimentação e espera. Ações como reduzir o tamanho dos lotes, alterar o layout físico e resolver restrições de fluxo são exemplos que tendem a diminuir o tempo de ciclo.
5. Simplificação do número de etapas e componentes: a simplificação pode ser alcançada eliminando atividades desnecessárias ou reorganizando peças e componentes que agregam valor, incluindo a padronização de peças e a diminuição das informações necessárias para controle da produção.
6. Ampliação da flexibilidade no processo produtivo: a adoção da modularização do produto, junto com a redução de *setup* e equipes multiqualificadas, aumenta a flexibilidade.
7. Transparência do processo: a transparência diminui erros, aumenta a visibilidade para todos e motiva a equipe. Ferramentas como sinalizações visuais e organização básica promovem essa transparência.
8. Controle global do processo: o controle do processo requer medição contínua e um responsável para monitorar a performance global.

9. Melhoria contínua: a redução de perdas e o aumento de valor devem ser processos contínuos, com metas definidas, monitoramento de melhorias e envolvimento de todos os colaboradores.
10. Equilíbrio entre melhorias no fluxo e nas conversões: melhorar o fluxo antes de investir em conversões é uma estratégia eficaz para otimizar processos existentes.
11. Realização de *benchmarking*: conhecer e adotar as melhores práticas de outras indústrias ou setores, adaptando-as ao próprio contexto, é essencial para aprimorar processos.

Apesar das peculiaridades da construção civil, como equipes temporárias, diversidade de clientes e dependência entre tarefas, a filosofia Construção Enxuta pode ser adaptada para o setor (Alves *et al.*, 2014). É importante promover um ambiente colaborativo e de comunicação eficaz entre todos os envolvidos, alinhando as metas coletivas ao invés de focar em necessidades individuais (Matuszak, 2020).

A Construção Enxuta é um sistema colaborativo que envolve partes interessadas com perspectivas distintas, mas com o objetivo comum de concluir o projeto com sucesso (Abdullah *et al.*, 2009). A colaboração acontece quando pessoas trabalham juntas para alcançar objetivos compartilhados (Skinnarland; Bølviken, 2023). Esta colaboração gera um sentimento de pertencimento e melhora a confiabilidade no planejamento e no desempenho do projeto (Elsayegh; El-adaway, 2021).

Como explicado por Li *et al.* (2019), as práticas da Construção Enxuta fortalecem a cooperação entre trabalhadores e supervisores, tanto para realizar tarefas quanto para sugerir melhorias, criando um ambiente colaborativo que aumenta o desempenho. A longo prazo, transforma a cultura organizacional, trazendo benefícios visíveis em termos sociais, ambientais e organizacionais (Santorella, 2017).

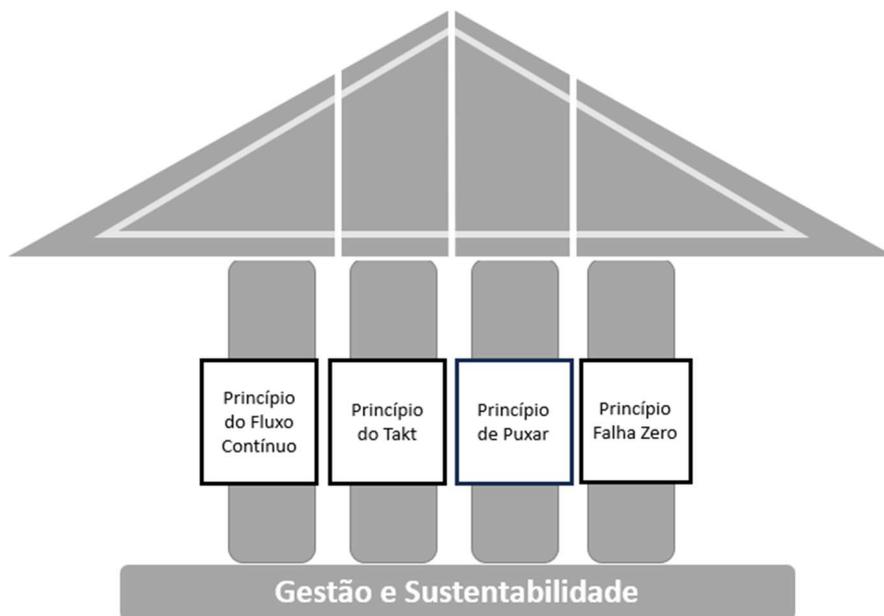
3.4 Os pilares da Construção Enxuta

De acordo com Barros (2014), os pilares ou princípios que sustentam o Sistema Construção Enxuta têm objetivos claros e devem ser implementados de forma sequencial, ajustando-se ao estado futuro desejado pela empresa ou projeto. São quatro os pilares principais, cada um com seu respectivo objetivo:

1. Princípio do fluxo contínuo: visa criar um fluxo ininterrupto por meio da integração e sequenciamento adequado dos processos, eliminando interrupções e desperdícios.
2. Princípio do *takt*: tem como objetivo equilibrar o ritmo de trabalho, assegurando que todas as etapas da construção ocorram de maneira sincronizada e nivelada, evitando acúmulos ou atrasos.
3. Princípio de puxar: focado no cliente, esse princípio consiste em produzir apenas o que é necessário, quando é necessário, com base na demanda do cliente, evitando a produção excessiva ou ociosidade no processo fornecedor.
4. Princípio de falha zero: envolve a busca por melhoria contínua, com o objetivo de alcançar o equilíbrio entre todos os processos da obra, minimizando erros e defeitos.

Estes pilares estruturam a Construção Enxuta e são ilustrados na Figura 8.

Figura 8 - Os 4 princípios do sistema de produção para construção



Fonte: Adaptado de Barros (2014, p. 55).

A próxima discussão aborda os quatro princípios do sistema de Construção Enxuta.

a) Princípio do fluxo contínuo

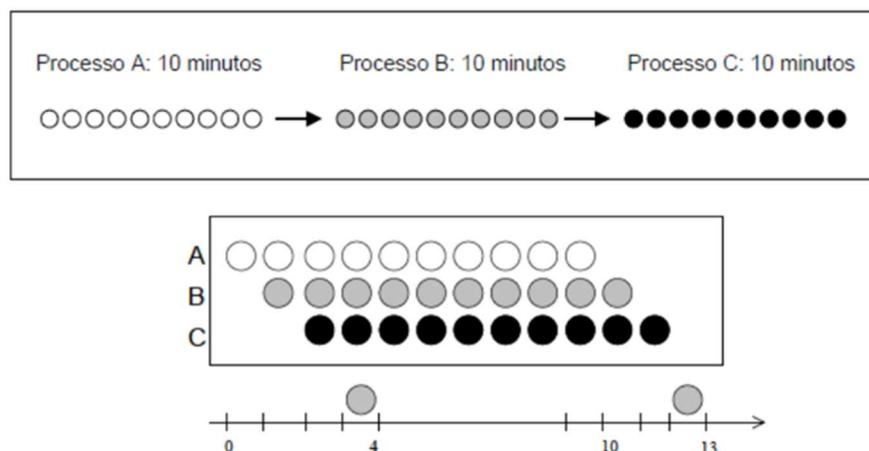
Conforme Shingo (1996), o fluxo contínuo refere-se ao processamento e à movimentação de uma peça para a próxima etapa, sempre com valor agregado. Esse princípio visa evitar o acúmulo de estoques em processo, promovendo o balanceamento das ações ao longo do processo de fabricação e resultando em um fluxo contínuo e eficiente.

É importante destacar que o conceito de fluxo contínuo implica na produção de um item de cada vez, utilizando pequenos lotes em várias etapas de processamento (Black, 1998). Quanto maior o lote, maior será o tempo de espera para que o processo possa prosseguir, o que leva a um prolongamento no tempo de entrega do produto ao cliente (Womack, 2004).

Neste contexto, Ganbirsasio (2004) ilustra na Figura 9, a diferença no Lead time¹ de produção entre grandes e pequenos lotes. No caso de grandes lotes, são necessários 30 minutos para a execução dos processos A, B e C, resultando na conclusão dos produtos. Em contraste, ao aplicar a prática do fluxo contínuo com pequenos lotes, o primeiro produto é produzido em apenas 4 minutos, considerando as etapas A, B e C, e toda a produção é finalizada após 13 minutos.

Esta abordagem evidencia a eficiência do fluxo contínuo, que não apenas reduz o tempo de produção, mas também melhora a satisfação do cliente ao garantir entregas mais rápidas e eficazes.

Figura 9 - Processamento em grandes e pequenos lotes



Fonte: Ganbirsasio (2004, p. 66).

¹ Conforme explicado por Koskela (2000), compreende-se por Lead time o tempo preciso para que uma peça percorra todo fluxo produtivo, ou seja, a somatória entre o tempo para seu processamento, inspeção, espera e movimentação.

A conceituação de fluxo, conforme discutido na literatura, deve incorporar os conceitos de transformação e valor. Estes elementos orientam tanto os processos de conversão de *inputs* em *outputs* quanto a geração de valor para o cliente. É essencial considerar as etapas de espera, controle, processamento e transporte, pois isso possibilita a identificação clara de desperdícios e etapas que não agregam valor. Além de que é imprescindível atender às necessidades do cliente, seguir a sequência adequada das etapas e, finalmente, focar no valor agregado (Barros, 2014).

Neste sentido, Arantes (2008) explica que a principal vantagem do fluxo contínuo reside na eliminação do tempo de espera entre as etapas, proporcionando transparência ao processo e reduzindo a necessidade de inspeções finais. Quando um produto é fabricado individualmente, é possível monitorar sua qualidade durante todo o processo de produção.

De acordo com Barros (2014), a implementação deste princípio traz diversos benefícios:

1. Redução no tempo de atravessamento: um *lead time* reduzido elimina desperdícios e etapas desnecessárias, gerando valor agregado. A diminuição do tempo necessário para que um produto atravessasse um processo contribui para a redução dos prazos médios e do prazo final de execução da obra.
2. Redução da variabilidade: a variabilidade excessiva em um processo gera inseguranças, atrasos e lacunas entre as estações de trabalho, resultando em um produto que pode não ser aceitável para o cliente. Portanto, a redução da variabilidade é crucial para mitigar as incertezas em um processo.
3. Aumento da transparência: a transparência é aprimorada pela melhoria na comunicação entre os envolvidos nas atividades produtivas. Quanto mais acessíveis as informações, mais clara se torna a transparência no processo, facilitando a tomada de decisões rápidas, a resolução de problemas, o compartilhamento de responsabilidades e, em última análise, a eficiência e eficácia do projeto.

Kosaka (2006) observa que a adoção do fluxo contínuo visa eliminar interrupções e reinícios na produção, contribuindo para a redução do tempo de não processamento, a eliminação de estoques em processo e a identificação rápida de não conformidades. No contexto da construção, o objetivo é que todas as frentes de

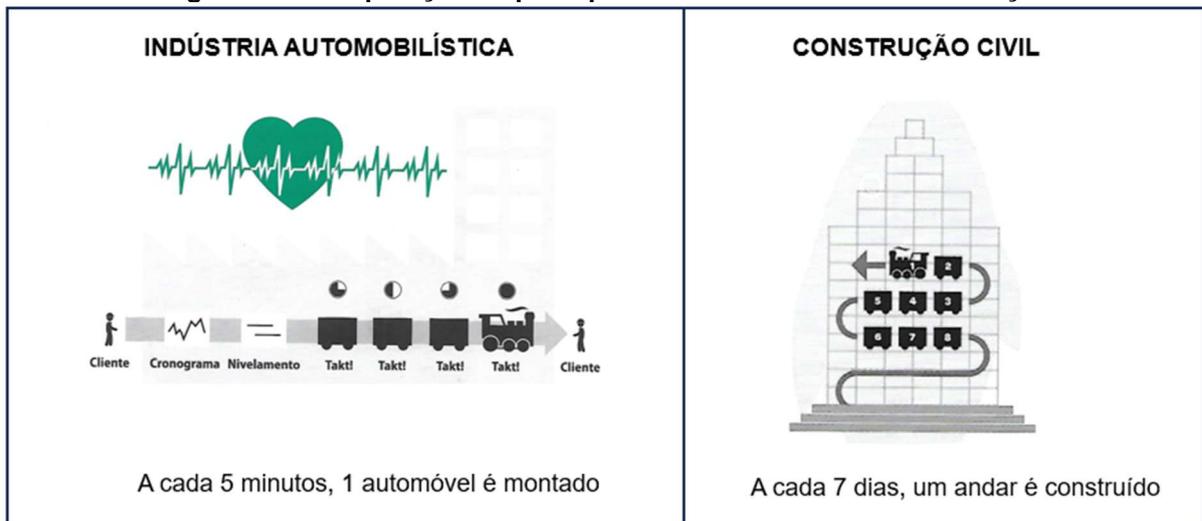
trabalho avancem na obra de maneira uniforme e sequencial, criando um ambiente produtivo e construtivo, onde se possa trabalhar em pequenos lotes e estabelecer um ritmo contínuo.

b) Princípio do *takt*

Nos anos 30, a palavra *takt*, em alemão, referia-se ao ritmo musical de uma composição. Quando os alemães ensinaram técnicas de produção aos japoneses, esse termo passou a designar o “ritmo de produção”. Assim, o conceito de *takt time* (TT) é entendido como o ritmo preciso necessário para atender à demanda do cliente (Rother; Shook, 2003).

A finalidade deste princípio é alcançar um ritmo constante, ou o mais estável possível, de modo que cada fase da produção ocorra conforme a programação, respeitando o mesmo tempo e prazo da fase anterior. Esta dinâmica é ilustrada na Figura 10.

Figura 10 - Comparação do princípio *takt* entre indústria e construção



Fonte: Barros (2014, p. 61).

A produção orientada pelo *takt* contribui significativamente para um fluxo produtivo eficiente na construção civil. Contudo, esta abordagem demanda um esforço considerável em planejamento, controle e melhoria contínua (Lehtovaara *et al.*, 2020). É importante ressaltar que, para implementar os princípios da Construção Enxuta na construção civil, é necessário promover um fluxo contínuo, sem interrupções. Isto cria um ambiente propício para a implementação de ferramentas de melhoria, onde o ritmo de produção deve alinhar-se à velocidade com que o cliente exige o produto. O

objetivo é evitar uma produção excessivamente lenta, que comprometa os prazos de entrega, e uma produção muito rápida, que possa gerar estoques indesejados (Liker, 2004).

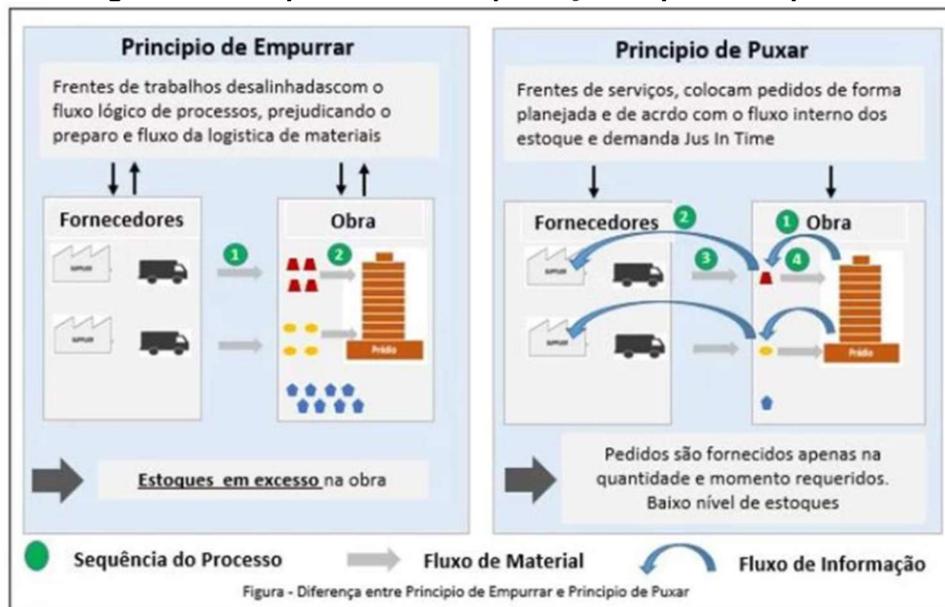
Para o cálculo do *takt time* na indústria, considera-se o tempo de trabalho produtivo líquido dividido pela demanda diária média do cliente. Na construção civil, o cálculo envolve o tempo líquido das frentes de trabalho e a quantidade demandada por elas (Barros, 2014). O planejamento *takt* é, portanto, o ponto de partida que facilita o ritmo produtivo e promove melhorias contínuas por meio dos princípios da Construção Enxuta (Tommelein; Emdanat, 2022).

c) Princípio de puxar

O princípio de puxar a produção representa a essência do *just-in-time*, atendendo ao cliente interno ou externo na quantidade e no momento desejado. Esta abordagem se caracteriza por um fluxo unitário, onde a fase anterior produz apenas a quantidade necessária para a etapa seguinte (Liker, 2005). Barros (2014) complementa essa ideia ao afirmar que a produção "puxa" os outros processos e as necessidades correspondentes para a realização dos serviços de forma just-in-time.

Para que isto ocorra, é fundamental garantir a estabilidade produtiva em relação ao abastecimento de materiais, mão de obra, equipamentos e métodos, fornecendo suporte ao princípio de puxar durante a execução (Hopp; Spearman, 2011). É importante destacar que os sistemas puxados possuem uma dinâmica oposta aos sistemas empurrados, já que o fluxo de informações corre em sentido contrário ao fluxo de materiais necessários para a produção. No sistema puxado, o estoque de materiais é reduzido, uma vez que a previsibilidade das demandas é uma característica intrínseca desse modelo (Bonney *et al.*, 1999). A Figura 11 ilustra a distinção entre os sistemas empurrado e puxado.

Figura 11 - Comparativo entre a produção empurrada e puxada



Fonte: Cardoso (2019, p. 72).

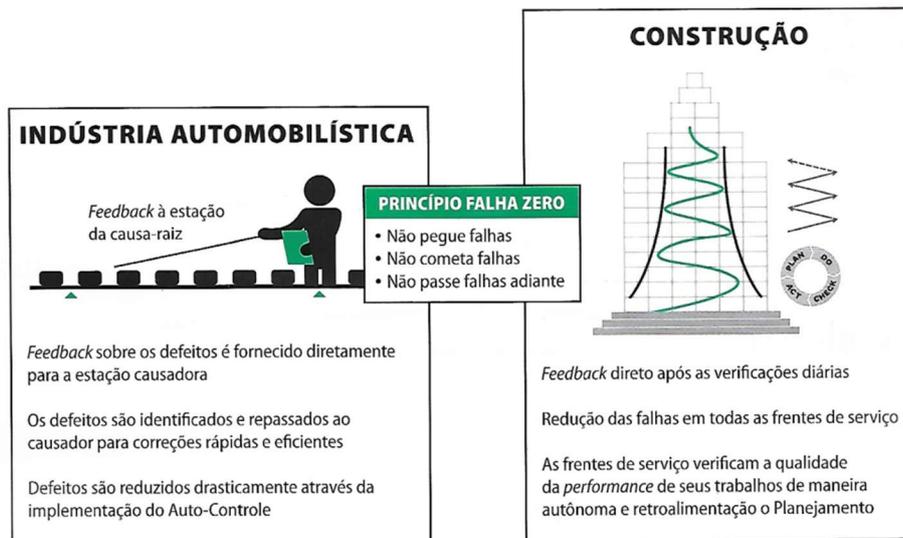
Com vistas a conquistar equilíbrio entre os vários processos, é indispensável manter quantidades pequenas de estoques de produtos acabados ao final de cada etapa, chamados de supermercados, que por sua vez suprem as demandas por meio de ordem de produção e de retirada, ou seja, com os cartões Kanban (Manavizadeh *et al.*, 2013).

d) Princípio da falha zero

O princípio da falha zero, ou zero defeito, visa estabelecer a estabilidade operacional por meio da redução de desperdícios, do nivelamento do trabalho entre pessoas e máquinas e da minimização da variabilidade nos processos. O objetivo final é garantir que os produtos e serviços atendam aos padrões de qualidade desde a sua origem, promovendo a ideia de "qualidade na fonte" (Barros, 2014).

A Figura 12 ilustra uma comparação entre a aplicação do princípio zero defeito na indústria automobilística e na indústria da construção civil, evidenciando as diferenças e semelhanças na busca pela excelência operacional em ambos os setores.

Figura 12 - Comparação: princípio zero defeito na indústria e na construção



Fonte: Barros (2014, p. 70).

De acordo com Crosby (1979), o objetivo do sistema zero defeito não é garantir a perfeição em todas as ações, mas sim promover uma mudança de mentalidade em relação à qualidade. Esta abordagem incentiva os envolvidos a reconhecerem o alto custo associado a defeitos, identificando de forma prática os pontos do processo onde esses defeitos podem surgir. Além disto, o sistema enfatiza a importância de ações preventivas para evitar o aparecimento de falhas, criando uma cultura organizacional que prioriza a qualidade desde o início.

3.5 Mapeamento de fluxo de valor

A falta de um planejamento adequado do fluxo de processos resulta em desperdícios significativos de tempo, mão de obra e materiais. O mapeamento do fluxo de valor (Value Stream Mapping - VSM) é uma ferramenta da Construção Enxuta que facilita a compreensão do fluxo operacional, identificando desperdícios e estruturando um estado futuro mais eficiente (Kanai; Fontanini, 2020).

O VSM é utilizado para estabelecer, medir e investigar o processo em análise. Ao identificar falhas e propor soluções, o VSM se torna uma ferramenta aceita e adotada pela equipe, proporcionando uma visão holística que orienta o trabalho coletivo (Abdel-Jaber, 2022). Por meio da representação do estado atual, o VSM permite compreender os tempos de ciclo e as atividades que compõem o processo, possibilitando o cálculo do *takt time* e, conseqüentemente, a elaboração do estado futuro do processo.

Após esta análise, são implementadas práticas enxutas de melhoria no sistema, que reduzem ou eliminam os desperdícios encontrados, levando o sistema produtivo atual ao estado desejado (Magalhães, 2017; Carrijo, 2021). Este esforço resulta em um fluxo contínuo de processos que cria valor para o cliente.

O mapeamento do fluxo de valor favorece na identificação de melhorias no processo, possibilitando agilidade em um fluxo mais enxuto, eliminando o que não agrega valor para o cliente, refletindo assim, em ganho para a organização (Souza, 2020). Uma vez identificados os desperdícios, o VSM possibilita a elaboração de uma proposta para um fluxo ideal, assegurando a produção do que é necessário, no tempo certo e quando necessário, agregando valor ao processo (Da Silva, 2018).

Conforme explicado por Lobaug (2008), o VSM pode ser estruturado em seis etapas:

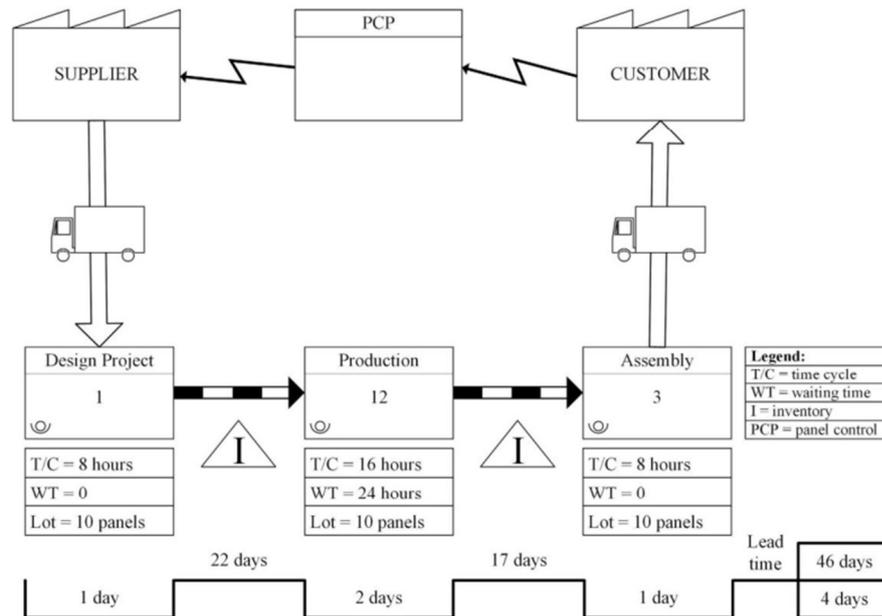
1. Identificação do processo a ser aperfeiçoado.
2. Desenho do estado atual do processo.
3. Definição de uma métrica para o aperfeiçoamento.
4. Desenho do mapa do estado futuro.
5. Estabelecimento da metodologia para transferir o processo do estado atual ao estado futuro.
6. Implantação das melhorias.

Para a identificação do processo a ser aperfeiçoado, recomenda-se selecionar uma atividade crítica e analisar todas as etapas e sequências necessárias para a execução do serviço (Nazareno *et al.*, 2003).

Mapear o fluxo de valor não significa otimizar somente as partes nos processos individuais, mas levar em conta o quadro mais amplo como um todo. Mas em uma visão sistêmica, é necessário percorrer todo o caminho do processo de transformação de material e informação para visualizar o fluxo do valor de um produto, caminho o qual pode abranger outras unidades produtivas e empresas (Martins; Cleto, 2017, p. 63).

A Figura 13 ilustra um exemplo de VSM atual, onde o fluxo de informações é representado na parte superior e o fluxo de materiais na parte inferior do mapa.

Figura 13 - Mapeamento de fluxo de valor atual



Fonte: Kanai; Fontanini (2020, p. 678).

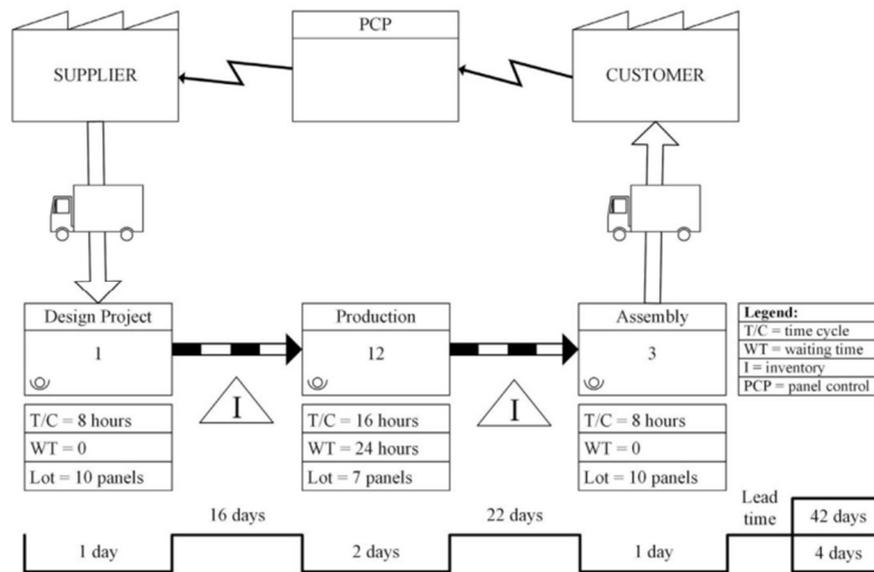
Para a implementação do MFV (Modelo de Fluxo de Valor) no estado futuro, é essencial seguir algumas diretrizes, conforme apresentado por Nazareno *et al.* (2003):

- Produção conforme o *takt time*: consiste em dividir a quantidade demandada pelo tempo disponível de trabalho, gerenciando o ritmo necessário para cada processo. Isso permite a eliminação de tempos de espera e estoques excessivos.
- Desenvolvimento de fluxo contínuo sempre que possível: o objetivo é que cada peça passe por cada etapa do processo uma única vez, sem interrupções, evitando o acúmulo de estoques intermediários. Esse conceito é conhecido como fluxo unitário de peças.
- Utilização de supermercados para controle produtivo: quando não é viável manter um fluxo contínuo, a produção deve ser realizada em lotes. Os supermercados funcionam como estoques intermediários, ajustando-se à demanda consumida.
- Programação produtiva: a programação deve ser executada em um único processo, considerando que o lead time deve refletir o ritmo de produção. O equilíbrio produtivo entre diferentes produtos, utilizando os mesmos recursos, depende da organização da produção ao longo do tempo, através do nivelamento.

e) Implementação do TPT (Toda Parte Todo): É fundamental desenvolver habilidades para a execução do TPT, visando um nivelamento produtivo flexível, priorizando tarefas por meio do uso do Kanban.

Um exemplo prático do MFV no estado futuro será ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - Mapeamento de fluxo de valor futuro



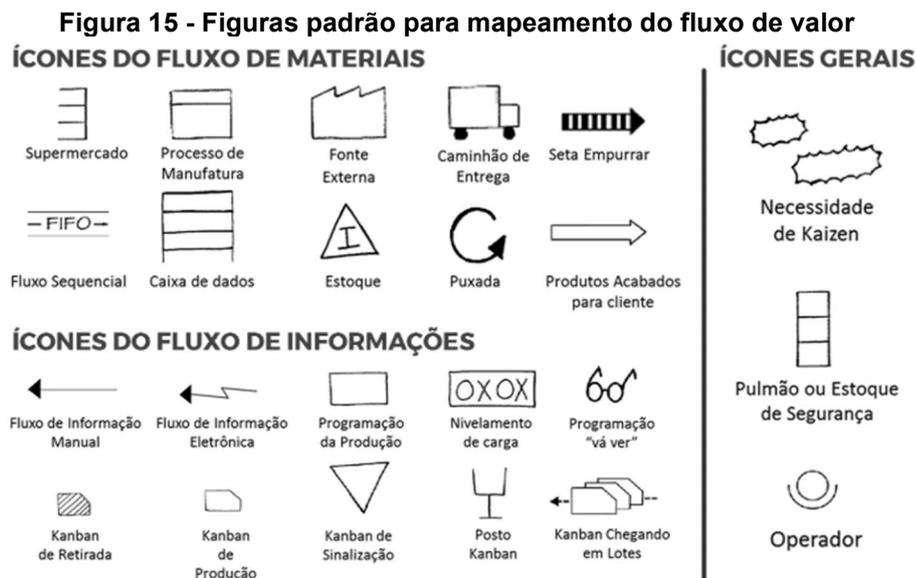
Fonte: Kanai; Fontanini (2020, p. 679).

A identificação de desperdícios e gargalos nos processos da construção civil pode ser efetivamente realizada através do SVM (Mapeamento do Fluxo de Valor), conforme apontado por Germano *et al.* (2019) e Kanai e Fontanini (2020). O mapeamento revela o fluxo do processo do início ao fim, destacando desvios, falhas e desperdícios. Além disso, expõe a relação entre o fluxo de informações, serviços e materiais, criando uma base sólida para promover melhorias a partir da comparação entre o estado atual e o futuro (Rother; Shook, 2003).

Na indústria de transformação, os processos podem ser classificados em três categorias: atividades que agregam valor (AV), atividades que não agregam valor, mas são necessárias (NAVN), e atividades que não agregam valor (NAV). As atividades que agregam valor são aquelas que vão desde as operações de entrada até a conversão do produto final, sendo que os clientes estão dispostos a pagar por todo esse processo. As atividades que não agregam valor, mas são necessárias, incluem aquelas complementares à execução do serviço ou produto. Por outro lado, as atividades que não agregam valor são consideradas desnecessárias tanto para o

cliente quanto para a organização e devem ser eliminadas do processo, configurando-se como desperdícios (Hines; Rich, 1997).

Para realizar o mapeamento do fluxo de valor, utilizam-se símbolos padrão que representam produtos, operações e fluxos de informações, conforme demonstrado na Figura 15.



Fonte: Nortegubisian (2018, p. 1).

3.6 As práticas e ferramentas da Construção Enxuta aplicadas na construção

A partir da identificação dos desperdícios que podem ocorrer em obras, é possível abordar o conceito de um sistema de produção focado na padronização e transparência dos processos, utilizando os princípios e ferramentas da Construção Enxuta. Isto promove a minimização e eliminação de desperdícios, além de aumentar o desempenho e a eficiência (Barros, 2014).

Diversos métodos, técnicas e ferramentas, juntamente com os conceitos da Construção Enxuta apresentam grande potencial para enfrentar os desafios da indústria da construção e oferecer soluções eficazes. Após a implementação dessas práticas, é possível aprimorar vários aspectos do projeto, como economia de tempo, redução de desperdícios de materiais e mão de obra, além de ganhos financeiros e de espaço no canteiro de obras (Reinbold, 2018).

É fundamental ressaltar que a adoção da construção enxuta depende de fatores como a cultura organizacional, que deve estar alinhada com o empenho da

empresa em aprender e criar conhecimento para implementar práticas e ferramentas da Construção Enxuta (Zhan; Chen, 2016).

Segundo Koskela (2000), o modelo Construção Enxuta, com sua metodologia, ferramentas e práticas, é aplicável tanto aos processos produtivos físicos quanto aos de gestão. Ele representa um novo método de gerenciamento de projetos na construção civil, que busca minimizar desperdícios e maximizar o valor do processo (Li *et al.*, 2018).

Para uma melhor compreensão, a seguir, serão apresentadas algumas ferramentas da Construção Enxuta que podem ser aplicadas na presente pesquisa:

1. Just-in-Time (JIT)

A produção Just-in-Time é um procedimento que equilibra informações para controlar a produção dos itens necessários na quantidade certa e no momento adequado para cada processo na indústria (Monden, 2015). Como o segundo pilar do Sistema Toyota de Produção, o JIT foi desenvolvido por Ohno, baseado na observação de que as pessoas retiram do supermercado apenas o que precisam, na quantidade necessária e no momento certo (Coriat, 1994). Assim, cada estação de trabalho deve produzir apenas o que é necessário, quando necessário (Shingo, 1996). Isso cria um sistema puxado, onde o processo posterior demanda a produção do anterior, resultando na redução de estoques, insumos e subprodutos (Monden, 2015).

De acordo com Dennis (2008), os principais elementos do JIT são o Kanban e o nivelamento de produção. O Kanban fornece instruções visuais para fornecedores e clientes, enquanto o nivelamento de produção estabelece uma base para processos padronizados.

As regras básicas da produção JIT são:

1. Não produza um item sem um pedido do cliente.
2. Nivele a demanda para que o trabalho flua suavemente em toda a fábrica.
3. Conecte todos os processos à demanda do cliente através de ferramentas visuais simples, como o Kanban.
4. Maximize a flexibilidade de pessoas e máquinas (Pascal, 2008, p. 86).

A essência do JIT é que qualquer processo que não agrega valor ao produto final é considerado um desperdício e deve ser eliminado ou minimizado rapidamente. Isso busca estabelecer fluxos de atividades constantes e eficientes, eliminando

desperdícios como estoques, movimentações, esperas e retrabalhos (Htun; Khaing, 2019).

2. Kanban

O sistema Kanban é uma técnica visual que facilita a produção Just-in-Time, representando uma autorização para produzir, transportar ou interromper a produção (Pascal, 2008). Desenvolvido por Ohno em 1988, o Kanban é utilizado para controlar e gerenciar o fluxo de trabalho, apoiado por um sistema de quadros ou painéis onde são registradas as tarefas e atividades necessárias para a conclusão de um projeto (Rahman *et al.*, 2013).

De acordo com Araújo *et al.* (2023), esta ferramenta melhora a comunicação entre os diversos stakeholders, garantindo a disponibilidade exata de materiais ou produtos no momento solicitado. Ohno (1988) descreve a relação entre funções e regras para a aplicação do Kanban, conforme apresentado no Quadro 10.

Quadro 4 - Funções e regras do sistema Kanban

Funções de Kanban		Regras para utilização	
1	Fornecer informação sobre apanhar ou transportar.	1	O processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo Kanban no processo precedente.
2	Fornecer informação sobre a produção.	2	O processo inicial produz itens na quantidade e sequência indicadas pelo Kanban.
3	Impedir a superprodução e o transporte excessivo.	3	Nenhum item é produzido ou transportado sem um Kanban.
4	Servir como uma ordem de fabricação afixada às mercadorias.	4	Serve para afixar um Kanban às mercadorias.
5	Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz.	5	Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é mercadorias 100% livres de defeitos.
6	Revelar problemas existentes e manter o controle de estoques.	6	Reduzir o número de Kanbans aumenta sua sensibilidade aos problemas.

Fonte: Ohno (1988, p. 96).

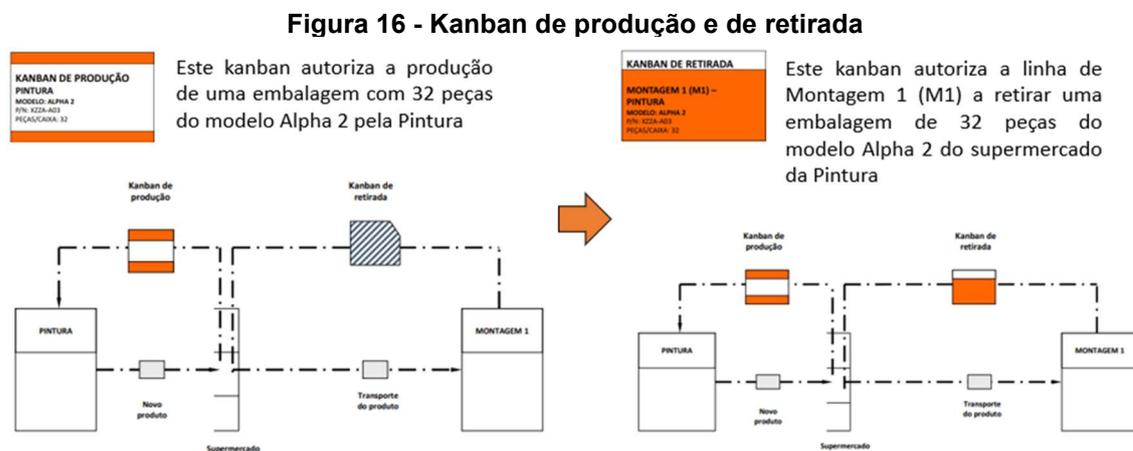
Conforme explicado por Venturini (2015), existem três tipos de Kanban.

- a) **Kanban de transporte:** indica que uma quantidade específica de material será entregue a um determinado posto de trabalho, conforme descrito no cartão.
- b) **Kanban de produção:** sinaliza que um processo de fabricação pode ser iniciado, produzindo a quantidade de produtos conforme indicado no cartão.

- c) **Kanban de fornecedor:** indica que uma quantidade específica de material será entregue na fábrica ou na próxima linha de produção, conforme indicado no cartão.

Na construção civil, o Kanban pode ser aplicado tanto no canteiro de obras quanto entre os fornecedores de materiais (Arantes, 2008). No canteiro, esta ferramenta é utilizada de forma um pouco diferente da aplicação original, pois é necessário manter um pequeno estoque constante para garantir que a execução das atividades não seja interrompida. Quando um colaborador percebe que o material para a execução de uma atividade está se esgotando, ele comunica o responsável para evitar faltas (Grenho, 2009).

Neste sentido, o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI (2020), traz que o Kanban é um mecanismo de sinalização, fornecendo instruções para a produção, a retirada e o transporte de unidades. Por sua vez, destaca o Kanban de produção, pelo qual se autoriza um processo produzir certa quantidade de um item. Já o Kanban de retirada autoriza a compra de certo item no supermercado. Conforme ilustrado pela Figura 16:



Fonte: SENAI (2020, p. 58).

3. Gestão Visual

A Gestão Visual (VM) é uma ferramenta da Construção Enxuta que proporciona visibilidade de informações importantes para todos os envolvidos no projeto. Por meio de sinais visuais, a VM comunica e promove a compreensão das informações, resultando em eficiência, clareza e valor (Ballard et al., 2007).

Esta ferramenta visa disponibilizar informações atuais, exatas, claras e relevantes para todos os participantes dos projetos (Reinbold, 2020). A clareza nos

processos busca mitigar a ineficiência, decisões mal direcionadas, altos níveis de desperdício e a variabilidade intrínseca nos processos da construção civil (Formoso *et al.*, 2002). Tezel *et al.* (2016) afirmam que a melhoria na transparência de um processo é a estratégia mais relevante da Gestão Visual.

Diversas ações de gestão visual adaptadas para projetos na construção civil estão bem documentadas na literatura, incluindo o 5S (Tezel; Aziz, 2016), Kanban (Costa; Burgos, 2012) e Andon (Kattman *et al.*, 2012). Inicialmente, a gestão visual era utilizada nos escritórios de obra para apoiar as decisões de gerenciamento, com ênfase em placas sobre saúde e segurança do trabalho. Atualmente, pesquisas revelam uma crescente aplicação de outras ações visuais para melhorar os canteiros de obras (Moser; dos Santos, 2003; Tezel; Aziz, 2016; Tezel *et al.*, 2015). O Quadro 5 ilustra os elementos visuais implantados em obras da construção civil para a implementação da gestão visual.

Quadro 5 - Práticas visuais

Propósito	Exemplos
Removendo barreiras visuais	Organização do layout do local, usando cercas de arame, etc.
Padronize identificação e localização	Caminhos marcados, mapas do local, cartões de identificação, etc.
Ordem sistemática do site	Implementação 5S.
Controle de produção	Controle de tags de materiais, controle de andaimes, Kanban, etc.
Nivelamento de produção	Tabuleiros Heijunka, batidas coloridas simples, etc.
Prototipagem e amostragem	Protótipos de produtos, amostras de materiais, etc.
Qualidade na estação	Quadros coloridos, quadros Andon, etc.
Sinalização do local	Sinais de segurança, informações de segurança, práticas desejadas, etc.
Gestão de desempenho	Quadros de progresso geral, métricas de produtividade, etc.
Improvizando a Gestão Visual	Auxílios para controle e garantia de qualidade no local.
Facilitação de trabalho	Instruções de trabalho visuais, exibição de desenhos de projetos, etc.
À prova de erros	Dispositivos Poka Yoke.
Pré-fabricação no local	Elementos de construção pré-fabricados.
Distribuindo informações em todo o sistema	Informações visuais para a força de trabalho.

Fonte: Adaptado de Tezel *et al.* (2015, p. 562).

Por meio da Gestão Visual (VM), todas as informações necessárias para promover a autogestão são apresentadas de forma visual, melhorando a coordenação da equipe, fortalecendo as relações entre os envolvidos, facilitando o controle de gestão e, por fim, prevenindo possíveis riscos e atrasos relacionados ao projeto (Tezel, 2017; Tezel, 2010; Tezel, 2009; Brady, 2018).

4. Ciclo PDCA

Conhecido também como Ciclo de Deming, o ciclo PDCA, referenciando as iniciais das palavras em inglês *plan* (planejar), *do* (fazer), *check* (checar) e *action* (agir) foi criado como um plano de ação para aplicar os 14 princípios apresentado por Deming para gestão da qualidade (Furtado, 2022).

Marshall Junior *et al.* (2008) destacam que o ciclo PDCA tem a finalidade de promover melhorias no processo, e sua aplicação ocorre de maneira contínua e sistêmica, conforme as etapas que seguem, e ilustradas pela Figura 5.

- a) Planejar: estabelecer as metas, objetivos, para desenvolver o método, procedimento e padrão para alcance da meta.
- b) Executar: execução do planejamento e coleta de dados. Frequentemente, é utilizado, como forma de apoio e acompanhamento para registro de dados, outras ferramentas, tais como histograma, carta de controle, checklist e outras.
- c) Checar: análise dos dados coletados, pelo qual são verificados e comparados os resultados do planejado com o que efetivamente foi executado.
- d) Agir: esta etapa pode ser compreendida sob duas vertentes. A primeira buscando-se a causa com a finalidade de se precaver resultados indesejados. A segunda, a adesão de um novo padrão, visto que a meta, anteriormente planejada, foi alcançada.

Neste sentido, Ramos (2019) colabora descrevendo as seguintes etapas de implantação do Ciclo PDCA, seguido da Figura 17 que as representa.

1. Determinar problemas.
2. Listar as possíveis causas por observação.
3. Analisar causas.
4. Elaborar plano de ação.
5. Implementar plano de ação.
6. Verificar a efetividade da implantação do plano de ação.
7. Analisar se a implantação foi efetiva.
8. Padronizar.
9. Concluir.

Figura 17 - Implantação sistêmica do ciclo PDCA



Fonte: Ramos (2019, p. 149).

Diante do exposto, empresas que almejam desenvolvimento sustentável e qualidade em seus processos, produtos e serviços prestados, têm se tornado adeptas na utilização das ferramentas da qualidade, como um instrumento de melhoria contínua (Andrade, 2018). Visto que o processo para melhoria contínua envolve as etapas de: “identificação dos problemas prioritários, observação e coleta de dados, análise e busca de causas-raízes e verificação dos resultados” (Carpinetti, 2010, p. 77).

O Capítulo 4, a seguir, trará toda a descrição metodológica necessária para o desenvolvimento da pesquisa em campo referente ao presente estudo de caso.

4 METODOLOGIA

Esta seção traz a apresentação metodológica definida para produção desta pesquisa. O intuito é explicar de maneira coesa e objetiva os processos para sua estruturação e desenvolvimento.

4.1 Classificação da pesquisa

A pesquisa apresentou uma abordagem qualitativa e quantitativa. A abordagem qualitativa foi adotada porque a coleta de dados ocorreu no ambiente natural dos canteiros de obras, onde o pesquisador observou os processos de execução dos serviços de alvenaria, reboco interno e externo. Por meio desta observação, foi possível descrever as etapas de forma detalhada, utilizando o método indutivo.

A abordagem quantitativa foi implementada através do estudo de tempo e movimento, com base na observação de várias repetições dos serviços em análise. Isso resultou na determinação dos tempos mínimo, máximo e médio para cada ação relacionada à execução de alvenaria, reboco interno e externo.

De acordo com Triviños (1987), uma abordagem qualitativa visa entender os dados, buscando compreender seu significado e embasando-se na interpretação do fato em seu contexto. Em contraste, a abordagem quantitativa abrange a aplicação de métodos estatísticos tanto para a coleta de dados quanto para os resultados obtidos (Richardson, 1999). Yin (2015) afirma que os estudos quantitativos e qualitativos podem ser complementares, fornecendo uma compreensão mais abrangente sobre um fenômeno em estudo.

A pesquisa foi caracterizada como aplicada, com um objetivo exploratório. A abordagem aplicada buscou obter dados que gerassem informações a serem analisadas e utilizadas empiricamente nos serviços dentro do canteiro de obras. O caráter exploratório teve como intuito promover uma maior proximidade com os processos estudados, tornando-os mais compreensíveis e claros, permitindo entender as causas que levaram aos desperdícios nos fluxos de processos relacionados à execução dos serviços em análise (Gil, 2007).

Entre os meses que antecederam o estudo de acompanhamento e observação dos serviços, foi realizado um levantamento bibliográfico seletivo para compor o referencial teórico, fundamentando-se em pesquisas já realizadas por estudiosos da área.

Conforme explicado por Lakatos e Marconi (2001), todo estudo precisa se apoiar em um embasamento teórico. Assim, a pesquisa bibliográfica contemplou soluções para problemas já estudados e elucidou questões que auxiliaram o pesquisador a alcançar novos resultados, por meio de publicações de dissertações, monografias, livros, revistas e teses, entre outros. Essa pesquisa teve como objetivo proporcionar ao pesquisador um contato imediato com tudo o que foi investigado sobre o tema, promovendo reflexões e uma construção analítica da pesquisa.

O embasamento metodológico utilizado na pesquisa foi o estudo de caso, que envolveu observações e anotações durante o acompanhamento dos serviços objeto de estudo. A realização de um estudo detalhado de eventos permitiu uma compreensão ampla e minuciosa da realidade, resultado de uma pesquisa de estudo de caso (Yin, 2001).

A proposta de inovação no processo surgiu da oportunidade de implantar o mapeamento do fluxo de valor dos serviços, como forma de compreender e combater os desperdícios relacionados aos processos de execução, agregando, assim, valor ao cliente.

4.2 Limitação e delimitação da pesquisa

O cenário do estudo foi estabelecido no canteiro de obras, onde foi acompanhado e observado a execução dos serviços de alvenaria, reboco interno e externo entre os meses de agosto a outubro de 2024.

A compreensão das etapas envolvidas em cada serviço possibilitou a realização de um estudo de tempo e movimento, resultando na construção do mapa de fluxo de valor atual, na identificação dos desperdícios presentes nas atividades, construção do mapa de valor no estado futuro e, por fim, uma proposta de melhorias e inovação através práticas e ferramentas da qualidade e da Construção Enxuta.

Cabe ressaltar que esta pesquisa se atentou em compreender os processos focando na cronoanálise e o tempo de ciclo dos processos estudados, não se propondo a levantar e discutir sobre o quantitativo de insumos usados para execução dos serviços e dos estoques de materiais na obra.

4.3 Objeto de estudo

A obra em estudo está sendo executada por uma empresa do setor de construção de edificações, fundada em 2012, especializada na realização de obras horizontais e verticais. A empresa, que atualmente desenvolve projetos em cidades como Maringá, Campo Mourão e Porto Rico, possui certificações de excelência, como o SiAC (Sistema de Avaliação de Conformidade) Nível A do PBQP-H desde 2017 e a ISO 9001:2015 desde 2021, o que garante a qualidade e conformidade de seus serviços.

Dentro deste contexto, o projeto em questão é o Condomínio Nest 635 Vertical Häuser, uma edificação construída com concreto armado, lajes maciças protendidas e alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. Com uma área total de 21.490,97 m², o empreendimento conta com três tipologias de unidades e diversas personalizações, como opções para paredes, pontos elétricos, pisos e bancadas. A obra, que compreende 25 pavimentos e dois subsolos, está localizada na Rua Paraguai, nº 598, no Jardim Aclimação, em Maringá/PR. Com início em 31/08/2022, a previsão de término é para 31/12/2025. A Figura 18 ilustra a representação do empreendimento.

Figura 18 - Condomínio Nest 635 Vertical Houses



Fonte: Materiais de venda da empresa (2022).

O engenheiro responsável pela obra explicou que o cronograma de execução é monitorado por meio de uma linha de balanço, que orienta o andamento dos trabalhos. Atualmente, os pacotes de serviços são balanceados, em sua maioria, com uma duração de 9 dias. Segundo ele, são realizadas reuniões tanto de médio quanto de curto prazo para garantir o bom andamento da obra.

As reuniões de médio prazo, com horizonte de 8 semanas, permitem identificar e analisar as restrições que possam impactar a execução dos serviços. Elas envolvem diversos setores, como compras, planejamento, segurança, engenharia, entre outros, e têm como objetivo eliminar essas restrições antes do início da execução de cada pacote de serviços.

Já as reuniões de curto prazo acontecem semanalmente, às sextas-feiras, com a participação dos empreiteiros. Nelas, é definida a programação das atividades a serem realizadas na semana seguinte, garantindo um planejamento detalhado e eficiente para a execução das tarefas.

4.4 Etapas de implantação

Por meio da Figura 19 tem-se, para melhor entendimento, o fluxograma de implementação das fases da pesquisa, que foi estabelecida com base nas seis etapas citadas por Lobaug (2008).

Figura 19 - Fluxograma de implantação das etapas da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2024).

O fluxograma ilustra de forma clara as etapas implementadas na pesquisa, seguindo as diretrizes estabelecidas por Lobaug (2008). Cada fase foi cuidadosamente elaborada para garantir uma compreensão sistemática do processo, desde a identificação do problema até a proposta de soluções. As interações entre as etapas evidenciam a lógica sequencial da pesquisa, permitindo que os leitores compreendam como cada ação contribuiu para a análise dos dados e a identificação de melhorias nos serviços estudados. Esta representação visual tem o intuito de

facilitar a assimilação das metodologias aplicadas e destaca a estrutura organizada que guiou todo o desenvolvimento da pesquisa.

Desta forma serão discorridas as 6 etapas utilizadas para desenvolvimento da pesquisa:

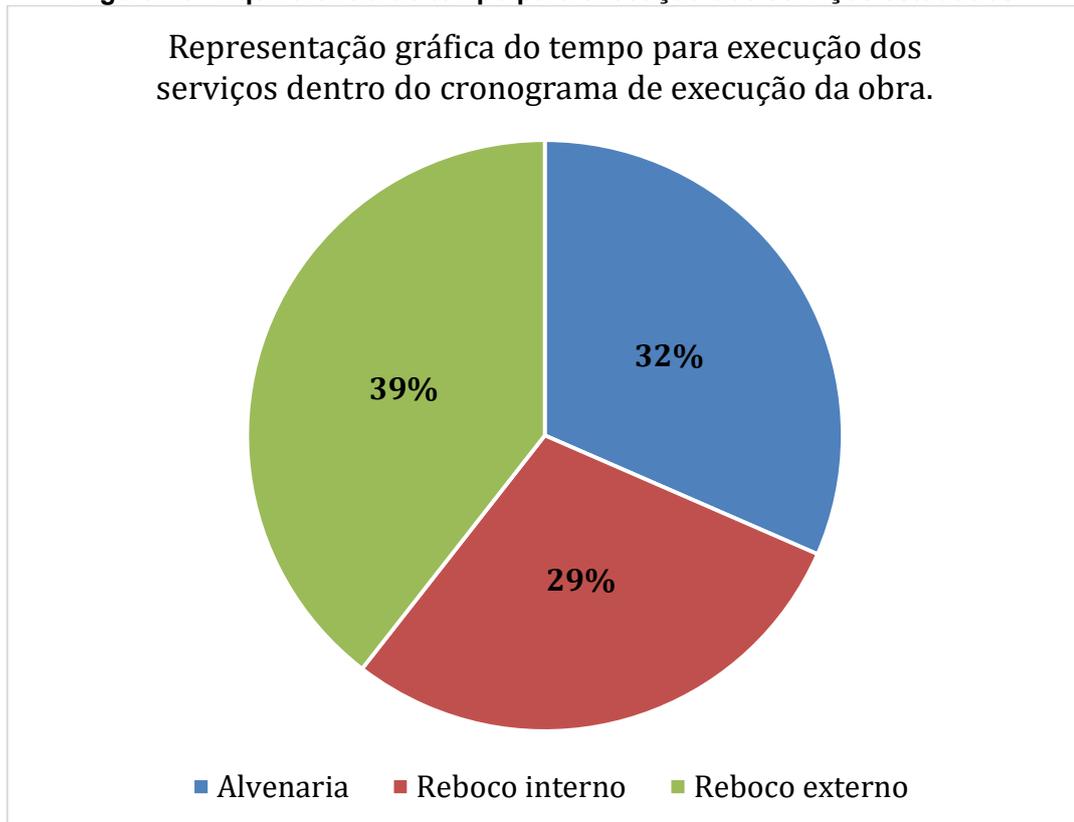
1) Identificação dos processos a serem a perfeiçoados

O estudo se ateve aos serviços de alvenaria e reboco, os quais consomem uma grande quantidade de insumos e tempo para sua execução. O mapeamento dos mesmos tem o intuito de agregar valor ao processo e ao cliente final.

Para compreender todo processo referente aos serviços em estudo, foi preciso acompanhar o fluxo de solicitações de argamassa semanal, o processamento de argamassa referente as argamassas de reboco interno, chapisco e levantamento de alvenaria, as quais são processadas *in loco*, bem como a logística interna da cremalheira para transporte dos insumos, materiais e equipamentos na obra para execução dos serviços em estudo.

Conforme informações dadas pela própria construtora, nesta obra, ao todo serão executados 21.950 m² de alvenaria, 31.293 m² de reboco interno, e 8.000 m² de reboco externo. O gráfico ilustrado pela Figura 20 demonstra o percentual de tempo necessário para execução destes serviços dentro do cronograma total para térmico da obra, um prazo de 40 meses.

Figura 20 - Equivalência de tempo para execução dos serviços estudados



Fonte: Autoria própria (2024).

2) Mapeamento do estado atual dos processos

Para o mapeamento no estado atual foi realizado o estudo de tempo e movimento referente aos serviços objeto de estudo, possibilitando assim, o alcance do primeiro objetivo específico

O estudo de tempo e movimento é composto por acompanhamento e observações de todas as etapas que se repetem para execução do serviço. Estas etapas foram cronometradas e dispostas em uma planilha, para compor o tempo médio e posteriormente ser um dado para cálculo do tempo de operação de todo processo. Além do estudo de tempo e movimento realizou-se investigações, por meio de conversas com os profissionais que estavam executando os serviços, sobre explicações das atividades por eles desenvolvidas, o que auxiliou na construção indutiva de todas as etapas necessárias para cada processo executivo.

Para atingir o objetivo proposto, era necessário compreender o fluxo de solicitação de argamassa, seu processamento *in loco*, e por fim, a maneira de distribuição desta argamassa nos pavimentos em que seria consumida.

Sendo assim, para assimilação de todo o ciclo que compõe a execução dos serviços deste estudo, foi realizado um acompanhamento de solicitação da argamassa até a sua entrega, levando em consideração o tempo que era necessário a partir do momento do pedido até a entrega no pavimento de consumo. Possibilitando a composição do tempo mínimo e máximo de espera dos profissionais pela argamassa.

Pensando no processamento de argamassa, realizou-se o estudo de tempo e movimento do processo de preparação da argamassa pelo Operador da betoneira, percorrendo no tempo médio de ciclo para processamento da argamassa em obra.

Em relação a distribuição da argamassa nos pavimentos de consumo, acompanhou-se, por meio de observações e anotações, um dia de todo deslocamento sofrido pela cremalheira, para levar a argamassa, entre outros, aos pavimentos. Desta forma, considerou-se o horário do ponto de partida da cremalheira, iniciando no térreo, o pavimento de descarga, até o seu retorno no térreo, e também, o que estava sendo transportado na cremalheira.

Os dados coletados durante a observação da logística da cremalheira proporcionou na elaboração do Diagrama de Espaguete, facilitando a visão de todo fluxo logístico percorrido pela cremalheira durante o dia. Já os dados referentes ao tempo de deslocamento demonstraram o tempo médio necessário para seu deslocamento vertical.

Com todas informações em mãos, foi possível mapear os processos e os desperdícios, resultando no tempo total de operação de cada tipo de serviço e também no tempo total de desperdícios presenciados na pesquisa em campo, neste estudo de caso.

3) Definição de uma métrica para aperfeiçoamento dos processos

Após as observações e acompanhamento dos serviços foi possível identificar os desperdícios contantes nos processos para execução dos serviços, através do mapeamento do fluxo de valor no estado atual, o que resultou na definição de uma métrica para aperfeiçoamento dos serviços através da desconsideração de todos os desperdícios presenciados durante o acompanhamento das atividades, atendendo, desta forma, ao segundo e terceiro objetivo específico proposto.

4) Desenho do mapa estado futuro

Por meio da compreensão fluxo operacional, identificação dos desperdícios, foi possível estruturar um estado futuro com mais eficiência, melhorando o tempo de ciclo da operação e eliminando os desperdícios encontrados, conforme almejado no quarto objetivo específico

Diante disso, realizou-se uma reunião com a Coordenação de Engenharia da Obra para demonstrar todas informações coletadas na pesquisa, principalmente o que tange aos desperdícios identificados.

Na ocasião foi apresentado o MFV no estado atual dos serviços de alvenaria, reboco interno e externo, o fluxo de solicitação da argamassa, o processamento de argamassa, e por fim, o fluxo logístico de transporte realizado pela cremalheira.

Após a apresentação explicou-se que um plano de ação seria elaborado e proposto em uma nova reunião, propondo melhorias a serem implementadas.

5) Estabelecimento da metodologia a ser aplicada para transferir o processo do estado atual para o estado futuro

Mediante a todas informações coletadas iniciou-se a elaboração do plano de ação, disposto pela ferramenta 5W2H. De acordo com Polacinski (2012), a ferramenta 5W2H corresponde a uma implementação de plano de ação para atividades a ser desenvolvida de maneira clara e objetiva, visto que ao responder às questões, permitirá a construção de ações detalhadas e de fácil compreensão.

O plano de ação tem por objetivo inovar os processos por meio de aplicação de ferramentas e práticas da Construção Enxuta, levando ao cumprimento do quinto objetivo específico anteriormente planejado.

De acordo com Lummus *et al.*, (2006), após esta análise, são implementadas práticas enxutas que eliminam atividades que não agregam valor, levando o sistema produtivo atual ao estado desejado. Este esforço resulta em um fluxo contínuo de processos que cria valor para o cliente.

6) Implementar melhorias

Após a elaboração do plano de ação, foi agendado e realizado uma reunião com a Coordenação de Engenharia da Obra, para demonstração da proposta. A reunião foi realizada de maneira online, pelo Google Meet um serviço de comunicação

por vídeo, e contou com a presença do Engenheiro residente, Mestre de Obras, Estagiários e assistente da Qualidade.

É importante explicar que a pesquisa se limita até a proposta do plano de ação, cabendo a Organização e Coordenação da obra a implementação do plano.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção tem como objetivo apresentar as etapas do mapeamento do fluxo de valor (MFV) nos processos executivos de alvenaria, reboco interno e externo. Para esses serviços, foi realizado um estudo de tempo e movimento, o que permitiu o acompanhamento detalhado das etapas necessárias para compor cada processo analisado.

Com base nestas observações, foi possível elaborar o mapa do fluxo de valor no estado atual dos processos, identificar os desperdícios presentes, e criar o mapa do fluxo de valor no estado futuro. Como resultado, foi proposta a implantação de práticas e ferramentas da Construção Enxuta, visando a eliminação de atividades que não agregam valor, com o objetivo de criar um fluxo contínuo e de agregar valor ao processo.

Conforme Kanai e Fontanini (2020), o MFV é uma ferramenta da Construção Enxuta que facilita a compreensão do fluxo operacional, permitindo a identificação de desperdícios e a criação de um estado futuro mais eficiente. Nesse contexto, o MFV é utilizado para estabelecer, medir e investigar o processo em análise, propor soluções e oferecer uma visão holística que orienta o trabalho coletivo (Abdel-Jaber, 2022).

5.1 Apresentação dos macroprocessos

A pesquisa desenvolveu-se no período de 20 de agosto a 21 de outubro de 2024. Cabe ressaltar que também foram acompanhados e observados o setor de processamento de argamassa, visto que para execução de alvenaria e reboco externo são utilizadas argamassas processadas na obra, e também, o meio para transportar e distribuir estes insumos nos pavimentos da obra. Ambos fazem parte do processo para execução dos serviços em estudo.

O horário de trabalho no canteiro de obras é de segunda a quinta das 7:30 as 17:30 horas, e na sexta das 7:30 as 16:30 horas, com uma hora de almoço e 15 minutos para o café. No entanto, os serviços em estudo, são executados por empresa terceirizada, pelo qual os trabalhadores das empreiteiras não seguem o mesmo horário. Desta forma foi adotado, para o mapeamento de fluxo de valor, a quantidade de 8 horas diárias, já abrangendo o intervalo para almoço e café.

5.1.1 Execução da alvenaria

O processo de execução de alvenaria em um pavimento abrange as seguintes etapas: execução da linha de eixo, execução da primeira fiada, taliscamento inferior, levantamento da alvenaria e taliscamento superior. Conforme representado pela Figura 21.



Fonte: Autoria própria (2024).

A seguir, são descritas as etapas que compõem o processo de execução da alvenaria:

a) Linha de eixo

O acompanhamento da execução da linha de eixo e da primeira fiada foi realizado no 15º pavimento. A marcação da linha de eixo, que era feita em partes, contou com o trabalho de dois profissionais, enquanto a execução da primeira fiada exigiu a presença de apenas um.

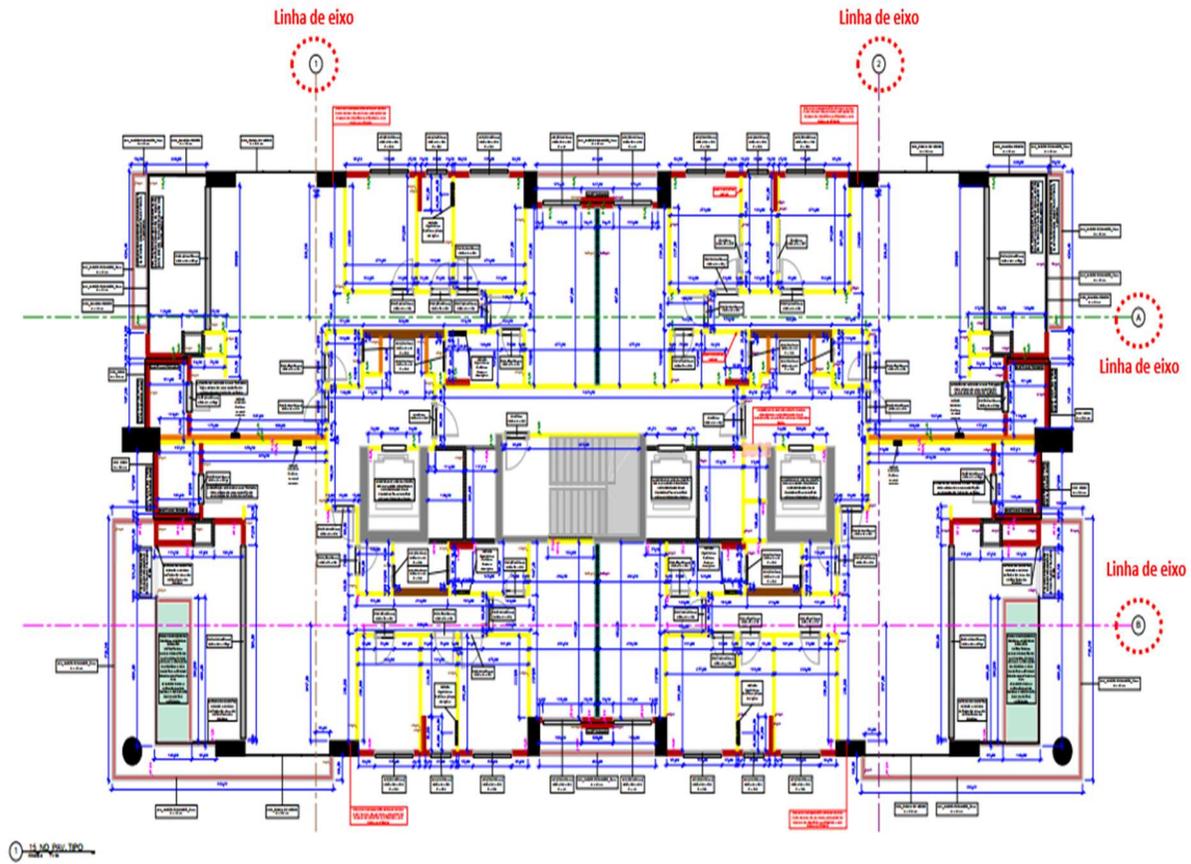
Para a linha de eixo, foi utilizada uma marcação sinalizada no caranguejo, fixado durante a concretagem, nas bordas externas da laje. Esta marcação é previamente estabelecida pelo profissional de topografia, conforme ilustrado na Figura 22.



Fonte: Autoria própria (2024).

Para a formação da linha de eixo, foram utilizados 8 caranguejos. Uma linha de nylon é esticada entre dois caranguejos, posicionados nas extremidades opostas, servindo como referência para garantir que a edificação suba no prumo. Os pontos de referência da linha de eixo, identificados como 1, 2, A e B, estão ilustrados na Figura 23 do projeto arquitetônico do 15º pavimento.

Figura 23 - Linha de eixo no 15º pavimento



Fonte: Projeto de alvenaria 15º pavimento tipo PRC Empreendimentos (2024).

Para evitar qualquer deslocamento ou movimentação da linha de eixo devido ao vento, é feito um apoio por meio da execução de furos na laje, nos quais são implantados pedaços de vergalhão em pontos estratégicos ao longo da linha de eixo.

Em seguida, realiza-se a medição das faces externas, direita e esquerda, dos pilares estruturais, até a linha de eixo, conforme especificado no projeto, como ilustrado na Figura 24.

Figura 24 - Marcação nas faces laterais dos pilares



Fonte: Autoria própria (2024).

As marcações feitas nas faces dos pilares foram verificadas com o auxílio de um nível de bolha. Após esta conferência, procedeu-se ao assentamento do primeiro tijolo, que serviria como guia para o alinhamento das demais fiadas. Em seguida, esticou-se uma linha de nylon, garantindo o alinhamento conforme o projeto executivo de alvenaria.

A Tabela 1 apresenta o tempo médio de ciclo observado durante o acompanhamento do processo de execução da linha de eixo.

Tabela 1 - Etapas para execução da linha de eixo

Etapas	Tempo de ciclo (média em minutos)
Amarrar linha no caranguejo posicionado na borda externa da laje e puxar a linha até o caranguejo localizado na outra extremidade da laje.	1,36
Tirar prumo da linha de eixo até o ponto abaixo para realização um furo na laje para pinar um pedaço de vergalhão, mantendo a linha estável.	0,42
Pinar o pedaço de vergalhão na laje.	0,83
Conferir a medida das faces externas (direita e esquerda) do pilar até a linha de eixo e marcar com o lápis de pedreiro (11 pilares)	3,98
Conferir marcação realizada no pilar com auxílio de um nível bolha (11 pilares)	2,84
Assentar o primeiro tijolo guia da marcação, de acordo com o projeto, considerando: conferência de medidas, amarrar linha em um apoio, esticar a linha, riscar o chão, conferir medidas, assentar lajota, conferir medida)	5,51
	∑ 14,94

Fonte: Autoria própria (2024).

b) Primeira fiada da alvenaria

A primeira fiada foi executada por um pedreiro, e observou-se o assentamento de 6,64 metros lineares de blocos cerâmicos. O processo de assentamento dos blocos cerâmicos para a primeira fiada começa com a busca das lajotas, que geralmente ficam próximas ao local de execução do serviço.

Para iniciar o assentamento, aplica-se uma resina sintética de alto desempenho sobre o local de assentamento, garantindo melhor aderência da argamassa ao contrapiso. Em seguida, os primeiros blocos são assentados nas extremidades da fiada, assegurando o alinhamento para o restante do assentamento. Após isso, estica-se uma linha de *nylon* na altura do bloco, conforme ilustrado na Figura 25.

Figura 25 - Execução da primeira fiada



Fonte: Autoria própria (2024).

É importante destacar que, para todo o sistema de levantamento da alvenaria, incluindo a primeira fiada, foi utilizada argamassa polimérica. Essa argamassa foi aplicada tanto para ancorar as lajotas à estrutura quanto para o assentamento das lajotas a partir da segunda fiada, enquanto a primeira fiada foi assentada com argamassa convencional.

Para os pequenos espaços restantes, de até 3 cm, o preenchimento é feito com argamassa convencional. Vale ressaltar que, durante o acompanhamento, esse tipo de preenchimento não ocorreu. Para vãos maiores, os espaços são preenchidos com

blocos cerâmicos, cortados conforme as medidas do vão e assentados, concluindo a primeira fiada.

A Tabela 2 apresenta o tempo médio observado durante o acompanhamento do processo de execução da primeira fiada da alvenaria.

Tabela 2 - Etapas para execução da primeira fiada da alvenaria

Etapas	Tempo de ciclo (média em minutos)
Buscar lajota para assentamento da primeira fiada.	0,71
Aplicar mistura de Bianco no local de assentamento da primeira fiada.	0,27
Estender argamassa para assentamento da lajota.	0,19
Aplicar argamassa na cabeça da lajota e assentá-la.	0,51
Esticar linha para alinhamento da fiada	0,70
Medir e cortar lajota referente ao espaçamento faltante, considerando caminhar até o local onde está a lixadeira para corte.	2,64
Assentar lajota cortada no espaço vazio	0,41
	Σ 5,43

Fonte: Autoria própria (2024).

Observou-se que, por um período, o equipamento utilizado para cortar os blocos cerâmicos não estava disponível no pavimento onde o trabalho estava sendo realizado. Isso fez com que o trabalhador gastasse mais tempo para cortar o bloco faltante, utilizando equipamentos inadequados ou até mesmo se deslocando para outro pavimento, onde a lixadeira, equipamento correto para cortar o bloco cerâmico, estava localizado.

c) Taliscamento inferior

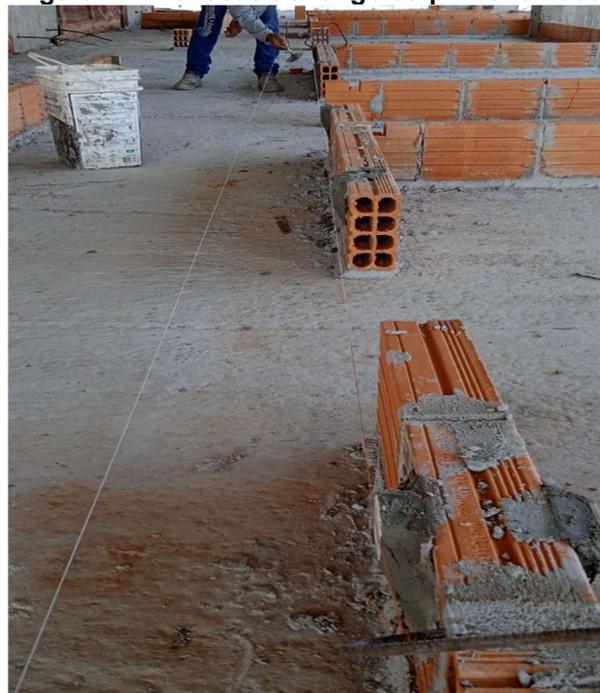
O taliscamento consiste na fixação de taliscas nos cantos de uma parede, servindo como referência para a espessura do reboco ao longo de toda a sua extensão. Esse processo inicia-se na primeira fiada, pois, quando a parede for levantada, as referências de espessura do reboco, indicadas pela talisca, serão transferidas para uma nova talisca na parte superior da parede, garantindo a espessura adequada do reboco.

O acompanhamento deste serviço foi realizado no 15º pavimento. Com base na linha de eixo, foram fixadas taliscas com 3 cm de espessura em cada canto da primeira fiada, transferindo a medida para a face interna do bloco, conforme ilustrado na Figura 26.

Figura 26 - Talisca da primeira fiada

Fonte: Autoria própria (2024).

O taliscamento ao longo da extensão da fiada é realizado com o auxílio de uma linha de *nylon* esticada sobre as taliscas posicionadas nos cantos da fiada, conforme ilustrado na Figura 27.

Figura 27 - Taliscas ao longo da primeira fiada

Fonte: Autoria própria (2024).

Para as taliscas em paredes paralelas, a referência é transferida com o auxílio de uma régua de alumínio de 2 metros, garantindo também uma espessura de 3 centímetros na talisca, conforme ilustrado na Figura 28.

Figura 28 - Talisca em fiada paralela



Fonte: Autoria própria (2024).

Observou-se que, em alguns momentos da conferência, utilizava-se o esquadro de alumínio para garantir que as taliscas estivessem corretamente alinhadas, especialmente em paredes perpendiculares com área reduzida.

A Tabela 3 apresenta o tempo de ciclo médio das etapas observadas durante o acompanhamento do processo de execução do taliscamento na primeira fiada de alvenaria.

Tabela 3 - Taliscamento na primeira fiada

Etapas	Tempo de ciclo (média em minutos)
Mistura da massa de cal com cimento e água. Colocar no balde este produto. Caminhar até onde será realizado a talisca	1,6
Lançar massa na lajota, colocar talisca e conferir com a trena	0,83
Esticar linha para talisca em pontos intermediários em fiadas no mesmo alinhamento	0,94
Transferir taliscamento de uma face da lajota para lajota da fiada paralela com auxílio de blocos e régua de alumínio	0,99
Conferir medida da talisca com trena	0,69
	Σ 5,05

Fonte: Autoria própria (2024).

d) Levantamento da Alvenaria

Foi acompanhado o levantamento de 15,75 m² de alvenaria. O processo inicia com a instalação do escantilhão, uma ferramenta essencial para garantir o prumo e o nivelamento adequado da parede, conforme ilustrado na Figura 29.

Figura 29 - Instalação do escantilhão

Instalando
escantilhão

Execução da alvenaria com
escantilhão instalado

Fonte: Autoria própria (2024).

Em seguida, foi utilizada uma broxa para realizar a limpeza da base, ou seja, da face superior da primeira fiada já assentada. Após esta etapa, iniciou-se a ancoragem e o assentamento dos blocos cerâmicos.

Assim como na primeira fiada, vãos de até 3 centímetros foram preenchidos com argamassa para completar a fiada de alvenaria. Para vãos maiores, a medida do vão foi tomada, e o espaço foi preenchido com um bloco cortado sob medida, conforme ilustrado na Figura 30.

Figura 30 - Elevação da alvenaria



Fonte: Autoria própria (2024).

Observou-se durante a execução que o alinhamento da fiada pode ser garantido de duas maneiras. A primeira consiste no uso de uma linha de nylon esticada sobre a face da lajota. A segunda, uma régua de alumínio, foi empregada, porém apenas em paredes com menos de 2 metros de extensão. A alvenaria é concluída deixando-se um pequeno espaço para a realização do encunhamento.

A Tabela 4 apresenta o tempo de ciclo das etapas, em média, em minutos, observados durante o acompanhamento do processo de execução da alvenaria.

Tabela 4 - Levantamento da alvenaria

Etapas	Tempo de ciclo (média em minutos)
Instalar escantilhão para levantamento da alvenaria considerando: encaixá-lo entre o piso e a laje, tirar prumo.	0,22
Limpeza da base para levantamento da alvenaria	0,05
Passar cordões de argamassa polimérica e fixá-la na estrutura ou parede	0,04
Passar argamassa polimérica na horizontal para assentamento de lajota	0,05
Assentar lajotas	0,11
Preencher pequenos vãos (menor que 3 cm) com argamassa convencional	0,04
Medir e cortar blocos (vãos maiores que 3 cm) para término da fiada considerando: medir, caminhar até o local de corte, retornar.	0,08
Esticar linha para o alinhamento da próxima fiada	0,03
*Verificar alinhamento com régua de alumínio	0,04
Encher bisnaga com argamassa polimérica	0,05
Verificar o prumo da parede	0,02
Cortar blocos para última fiada de respaldo, com auxílio da colher de pedreiro	0,17
Lançar argamassa convencional sobre toda fiada	0,18
Passar argamassa polimérica na cabeça da lajota, assentar as lajotas última fiada	0,31
	Σ 1,39

Fonte: Autoria própria (2024).

e) Taliscamento superior

O taliscamento superior foi observado no 12º pavimento. A talisca superior é alinhada à inferior, garantindo continuidade. Primeiramente, aplica-se a argamassa na parede com uma colher de pedreiro. Em seguida, fixa-se a talisca e verifica-se o prumo, assegurando a uniformidade da espessura do reboco na face da parede.

Para taliscas em paredes mais extensas, estica-se uma linha de nylon, que servirá como ponto de referência para os taliscamentos intermediários, conforme ilustrado na Figura 31.

Figura 31 - Taliscamento em paredes extensas



Fonte: Autoria própria (2024).

Em paredes perpendiculares, que não possuem uma talisca inferior como referência, a talisca é transferida com o auxílio de uma régua e de um esquadro de alumínio, conforme ilustrado na Figura 32.

Figura 32 - Taliscamento em paredes perpendiculares



Fonte: Autoria própria (2024).

A Tabela 5 apresenta o tempo de ciclo dos processos, em média, em minutos, observados durante o acompanhamento da execução do taliscamento superior da alvenaria

Tabela 5 - Taliscamento superior da alvenaria

Etapas	Tempo de ciclo (média em minutos)
Lançar argamassa na parede, colocar talisca	0,38
Conferir o prumo entre as taliscas Superior e inferior	0,50
Transferir talisca para a outra parede	1,54
Esticar linha para transferir taliscas em paredes extensas	1,93
Conferir medida da linha até a face da talisca	0,50
	Σ 4,85

Fonte: Aatoria própria (2024).

5.1.2 Execução do reboco interno

A execução do serviço de reboco interno engloba os processos de preparação do substrato, aplicação de chapisco, aplicação de argamassa, sarrafeamento e, por fim, desempenamento da parede, conforme ilustrado na Figura 33.

Figura 33 - Fluxograma: execução do reboco interno

Fonte: Aatoria própria (2024).

Para iniciar o processo de reboco interno, foi necessário preparar o substrato, ou seja, as paredes. A preparação do substrato foi realizada com a aplicação de tela de reforço, especificamente telas soldadas galvanizadas. Estas telas foram aplicadas nas interseções entre a estrutura de concreto e a alvenaria, como em pilares, vigas, vergas e contra-vergas, além de áreas onde a alvenaria foi cortada para a instalação de infraestrutura elétrica e hidráulica. O acompanhamento do serviço foi realizado nos 8º e 9º pavimentos. Observou-se a aplicação de telas com as seguintes dimensões: 0,26x2,85 m, 0,50x1,80 m, 0,50x2,80 m e 0,25x2,80 m, conforme ilustrado na Figura 34.

Figura 34 - Aplicação da tela de reforço

Fonte: Autoria própria (2024).

Assim que a aplicação das telas galvanizadas foi finalizada, iniciou-se a aplicação do chapisco, uma argamassa de consistência fluida, utilizada para promover a aderência da argamassa de revestimento à base, ou seja, à face da alvenaria. Na ocasião, foi acompanhado o processo de aplicação de 71,58 m² de chapisco.

A Tabela 6 apresenta o tempo de ciclo médio observado durante o acompanhamento do processo de preparação do substrato

Tabela 6 - Preparação do substrato

Etapas	Tempo de ciclo (média em minutos)
Medir, corta tela e fixar tela galvanizada	5,55
Chapiscar	0,92
	Σ 6,47

Fonte: Autoria própria (2024).

O acompanhamento e a coleta de dados referentes ao reboco interno foram realizados no 7º pavimento, totalizando 25,70 m² de execução do reboco. Após a cura do chapisco, que dura 3 dias, inicia-se a aplicação da argamassa de reboco, que consiste em lançar a argamassa na parede utilizando uma colher de pedreiro. Após o preenchimento da parede com a argamassa, aguarda-se o “tempo de pega” para, então, realizar o sarrafeamento com uma régua de alumínio. Foi observado que, após o primeiro sarrafeamento, surgem falhas ou pequenos buracos no reboco, os quais são preenchidos antes de realizar um segundo sarrafeamento. Em seguida, a superfície da parede é finalizada com o desempenamento, utilizando uma desempenadeira e uma broxa, conforme ilustrado na Figura 35.

Figura 35 - Execução do reboco interno



Fonte: Autoria própria (2024).

A Tabela 7 demonstra o tempo de ciclo, média em minutos, que foram observados no acompanhamento do processo de execução de reboco interno.

Tabela 7 - Reboco interno

Etapas	Tempo de ciclo (média em minutos)
Aplicar argamassa	1,88
Sarrafeiar	2,92
Desempenar	1,87
	Σ 6,67

Fonte: Autoria própria (2024).

5.1.3 Execução do reboco externo

A execução do reboco externo segue as mesmas etapas do reboco interno. Inicialmente, realiza-se a preparação do substrato, com a aplicação de telas de reforço nos encontros da estrutura com a alvenaria, seguida pela aplicação do chapisco. Após a cura do chapisco, inicia-se a execução do reboco.

A coleta de dados foi realizada no 7º pavimento, abrangendo um total de 22,20 m². O reboco externo é feito com uma argamassa de cal, uma argamassa semi-pronta que requer processamento in loco, ou seja, a adição de cimento antes de ser aplicada.

Assim como no reboco interno, a aplicação da argamassa é feita inicialmente, seguida pelo primeiro sarrafeamento, utilizando uma régua de alumínio. Em seguida, preenche-se os pequenos buracos que surgem, e realiza-se o segundo sarrafeamento da parede. Por fim, a superfície da parede é finalizada com o desempenamento, conforme ilustrado na Figura 36.

Figura 36 - Execução do reboco externo



Fonte: Autoria própria (2024).

A Tabela 8 apresenta o tempo médio de ciclo referente às etapas observadas durante o acompanhamento do processo de execução do reboco externo.

Tabela 8 - Reboco externo

Etapas	Tempo de ciclo (média em minutos)
Aplicar argamassa	3,60
Sarrafear	4,83
Desempenar	1,86
	Σ 10,29

Fonte: Autoria própria (2024).

5.1.4 Fluxograma de processamento da argamassa

Para a execução do reboco interno, a obra utiliza argamassa estabilizada, uma argamassa já pronta para o uso. Todos os dias pela manhã, os pedreiros que utilizam essa argamassa precisam fazer o pedido até as 9h 30 min., para que seja solicitado e entregue pelo fornecedor no mesmo dia. Assim que a argamassa é entregue na obra, ela é estabilizada e transportada, por meio da cremalheira, até o andar onde será utilizada no dia seguinte, conforme ilustrado nas Figuras 37 e 38.

Figura 37 - Quadro de pedidos de argamassa estabilizada

Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 38 - Argamassa estabilizada no andar de consumo

Fonte: Autoria própria (2024).

A argamassa utilizada no reboco interno é semipronta, chamada argamassa de cal, à qual é necessário adicionar cimento antes de ser aplicada na parede. Dessa forma, é solicitada ao fornecedor, diariamente, a quantidade de 8 m³ para utilização na obra.

Para entender as etapas e o tempo de processamento, foi realizado o acompanhamento do fluxo do processo, com as devidas anotações de tempo e movimento.

As etapas do processo são apresentadas no fluxograma ilustrado na Figura 39.

Figura 39 - Fluxograma: processamento de argamassa de cal



Fonte: A autoria própria (2024).

A Figura 40 apresenta uma representação resumida das etapas de processamento da argamassa, proporcionando uma melhor compreensão do processo.

Figura 40 - Etapas de processamento de argamassa de cal



Fonte: A autoria própria (2024).

Os tempos das etapas de processamento da argamassa estão apresentados na Tabela 09.

Tabela 9 - Processamento de argamassa de cal

Etapas	Tempo de ciclo (média em minutos)
Buscar saco de cimento	0,35
Colocar cimento na betoneira	0,82
Girar a boca da betoneira para baía de argamassa	0,10
Colocar 45 pás de argamassa na betoneira	2,77
Girar a boca da betoneira para o lado inicial	0,16
Buscar água em um balde e acrescentar na argamassa dentro da betoneira	0,39
Mexer a argamassa com uma pá auxiliando o processamento na betoneira	1,53
	Σ 6,12

Fonte: A autoria própria (2024).

A partir da coleta de tempos e movimentos para o processamento da argamassa, foi possível verificar que o tempo de ciclo para a execução de uma betoneira de 400 litros é de 6,12 minutos. Devido ao fluxo constante de pedidos, o

operador geralmente mantém a betoneira cheia com a argamassa já processada, a fim de evitar atraso.

5.1.5 Transporte das argamassas processados *in loco*

O transporte de argamassas e concreto é realizado por meio da cremalheira, utilizando giricas com capacidade de 80 litros ou recipientes de 200 litros.

Para compreender o fluxo semanal das solicitações de argamassas processadas na obra, foi realizado um acompanhamento detalhado, registrado em planilha, que inclui o horário de solicitação da argamassa ao operador da cremalheira até a entrega no pavimento solicitado.

É importante destacar que não há um planejamento formal para a distribuição dos materiais e insumos durante a semana por meio da cremalheira nos pavimentos. A distribuição ocorre de maneira informal, entre o trabalhador que executa o serviço solicitando ao operador da cremalheira o que precisa e em que quantidade.

Foi observado que a maioria das solicitações de materiais e insumos segue as seguintes formas:

1. O trabalhador, ao chegar na obra, avisa ao operador da cremalheira que precisará de uma determinada quantidade de giricas para o reboco.
2. Quando a cremalheira chega ao pavimento, o trabalhador solicita ao operador materiais, como um palete de bloco cerâmico.
3. Durante o horário de almoço, o trabalhador informa ao operador que precisará de uma girica de chapisco às 13 horas.
4. Solicitações feitas por meio de rádio de comunicação, indicando a necessidade de determinado material em um pavimento específico.

Com base nas anotações do acompanhamento das solicitações e entregas, foi possível determinar o fluxo diário e o tempo de espera, conforme apresentado nas Tabelas 10, 11 e 12.

Tabela 10 - Fluxo de pedidos para argamassa de assentamento

ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO - 09/09 a 13/09/24																		
Segunda				Terça				Quarta				Quinta				Sexta		
PAV.	HORÁRIO PEDIDO	HORÁRIO ENTREGA	ESPERA	PAV.	HORÁRIO PEDIDO	HORÁRIO ENTREGA	ESPERA	PAV.	HORÁRIO PEDIDO	HORÁRIO ENTREGA	ESPERA	PAV.	HORÁRIO PEDIDO	HORÁRIO ENTREGA	ESPERA	PAV.	HORÁRIO PEDIDO	HORÁRIO ENTREGA
12	07:30	07:45	15min	12	07:00	07:20	20 min	12	07:00	07:05	5 min	15	07:00	07:40	40 min			
15	07:30	07:45	15 min	15	08:00	08:30	30 min	15	07:13	07:20	7 min	12	07:00	07:40	40 min			
				12	13:00	13:15	15 min	12	12:30	12:40	10 min	12	14:00	14:15	15 min			

Fonte: Autoria própria (2024).

Tabela 11 - Fluxo de pedido de argamassa para chapisco

ARGAMASSA PARA CHAPISCO - 09/09 a 13/09/24																			
Segunda				Terça				Quarta				Quinta				Sexta			
PAV.	HORÁRIO PEDIDO	HORÁRIO ENTREGA	ESPERA	PAV.	HORÁRIO PEDIDO	HORÁRIO ENTREGA	ESPERA	PAV.	HORÁRIO PEDIDO	HORÁRIO ENTREGA	ESPERA	PAV.	HORÁRIO PEDIDO	HORÁRIO ENTREGA	ESPERA	PAV.	HORÁRIO PEDIDO	HORÁRIO ENTREGA	ESPERA
7	07:30	08:00	30 min	7	07:00	08:00	60 min	5	07:00	08:00	60 min	8	09:30	09:53	23 min	8	07:15	07:30	15 min
6	08:00	08:20	20 min	7	07:00	08:15	75 min	5	07:00	08:15	75 min	8	12:30	13:00	30 min	6	07:30	07:40	10 min
7	08:40	09:10	30 min	7	08:15	08:20	5 min					8	12:30	13:00	30 min	6	09:00	09:13	13 min
6	09:30	10:13	43 min	7	09:00	09:20	20 min					8	13:15	13:43	28 min	8	10:05	10:20	15 min
7	10:00	10:10	10 min	7	10:23	10:40	17 min					7	14:00	14:20	20 min	8	10:05	10:20	15 min
7	14:00	14:20	20 min	6	15:40	15:57	17 min					7	14:00	14:20	20 min	14	14:20	14:30	10 min
												7	14:50	15:00	10 min				
												7	14:50	15:00	10 min				

Fonte: Autoria própria (2024).

Tabela 12 - Fluxo de pedidos argamassa de cal

ARGAMASSA DE CAL - 09/09 a 13/09/24																			
Segunda				Terça				Quarta				Quinta				Sexta			
PAV.	HORÁRIO PEDIDO	HORÁRIO ENTREGA	ESPERA	PAV.	HORÁRIO PEDIDO	HORÁRIO ENTREGA	ESPERA	PAV.	HORÁRIO PEDIDO	HORÁRIO ENTREGA	ESPERA	PAV.	HORÁRIO PEDIDO	HORÁRIO ENTREGA	ESPERA	PAV.	HORÁRIO PEDIDO	HORÁRIO ENTREGA	ESPERA
5	08:15	08:20	5 min	5	07:00	07:15	15 min	5	07:00	07:05	5 min	6	07:30	08:00	30 min	5	07:00	07:20	20 min
5	08:15	08:20	5 min	5	07:00	07:15	15 min	5	07:00	07:05	5 min	6	07:30	08:00	30 min	7	07:20	07:30	10 min
5	08:15	08:20	5 min	5	07:00	07:15	15 min	5	07:00	07:05	5 min	6	07:30	08:00	30 min	7	07:40	08:00	20 min
5	08:15	08:20	5 min	5	08:20	08:40	10 min	5	13:00	13:05	5 min	6	07:50	08:03	13 min	5	08:00	08:15	15 min
5	09:40	10:00	20 min	5	08:20	08:40	10 min	5	13:00	13:05	5 min	5	07:50	08:03	13 min	5	08:00	08:15	15 min
5	09:40	10:05	25 min	5	10:15	10:40	25 min	5	13:00	13:05	5 min	5	08:20	08:25	5 min	6	08:30	08:38	8 min
5	10:05	10:15	10 min	5	10:15	10:40	25 min	6	13:15	13:28	13 min	5	08:20	08:25	5 min	7	08:30	08:45	15 min
5	10:05	10:15	10 min	5	10:15	10:40	25 min	6	13:15	13:28	13 min	6	10:40	10:45	5 min	7	08:30	08:45	15 min
				5	10:15	10:55	40 min	7	16:45	17:00	15 min	6	10:40	10:45	5 min	8	08:55	09:10	15 min
				5	10:15	10:55	40 min	7	16:45	17:00	15 min	6	12:00	13:00	60 min	5	09:15	09:32	17 min
				5	10:15	10:55	40 min					6	12:00	13:00	60 min	7	09:15	09:32	17 min
												6	12:00	13:00	60 min	6	09:55	10:15	20 min
												7	13:00	13:20	20 min	5	10:03	10:15	12 min
												7	13:00	13:20	20 min	7	10:00	10:35	35 min
												3	15:00	15:15	15 min	6	10:15	10:40	25 min
												7	14:40	14:50	10 min	6	12:30	12:40	10 min
												7	14:40	14:50	10 min	7	13:00	13:18	18 min
																5	13:18	13:25	7 min

Fonte: Autoria própria (2024).

Assim, o resultado do acompanhamento revelou os tempos mínimos e máximos de espera para o transporte das argamassas processadas, até a entrega nos pavimentos para a execução dos serviços. Vale ressaltar que essa coleta de dados se refere ao tempo de espera, ou seja, o tempo perdido, até o momento da entrega no pavimento.

A Tabela 13 apresenta os tempos mínimos e máximos de espera observados ao longo da semana acompanhada.

Tabela 13 Variação de espera de pedidos de argamassa

Tempo de espera (pedido até entrega)	Máximo minutos	Mínimo minutos
Argamassa de assentamento	40	5
Argamassa de chapisco	75	5
Argamassa de cal	60	5

Fonte: Autoria própria (2024).

5.1.6 Logística da cremalheira de transporte de materiais

A cremalheira é um equipamento de transporte vertical amplamente utilizado em grandes obras de construção. Ela é responsável pelo transporte de materiais, insumos, ferramentas, equipamentos e, em alguns casos, até mesmo de pessoas, para os diversos pavimentos da obra. A Figura 41 ilustra o funcionamento da cremalheira.

Figura 41 - Equipamento cremalheira



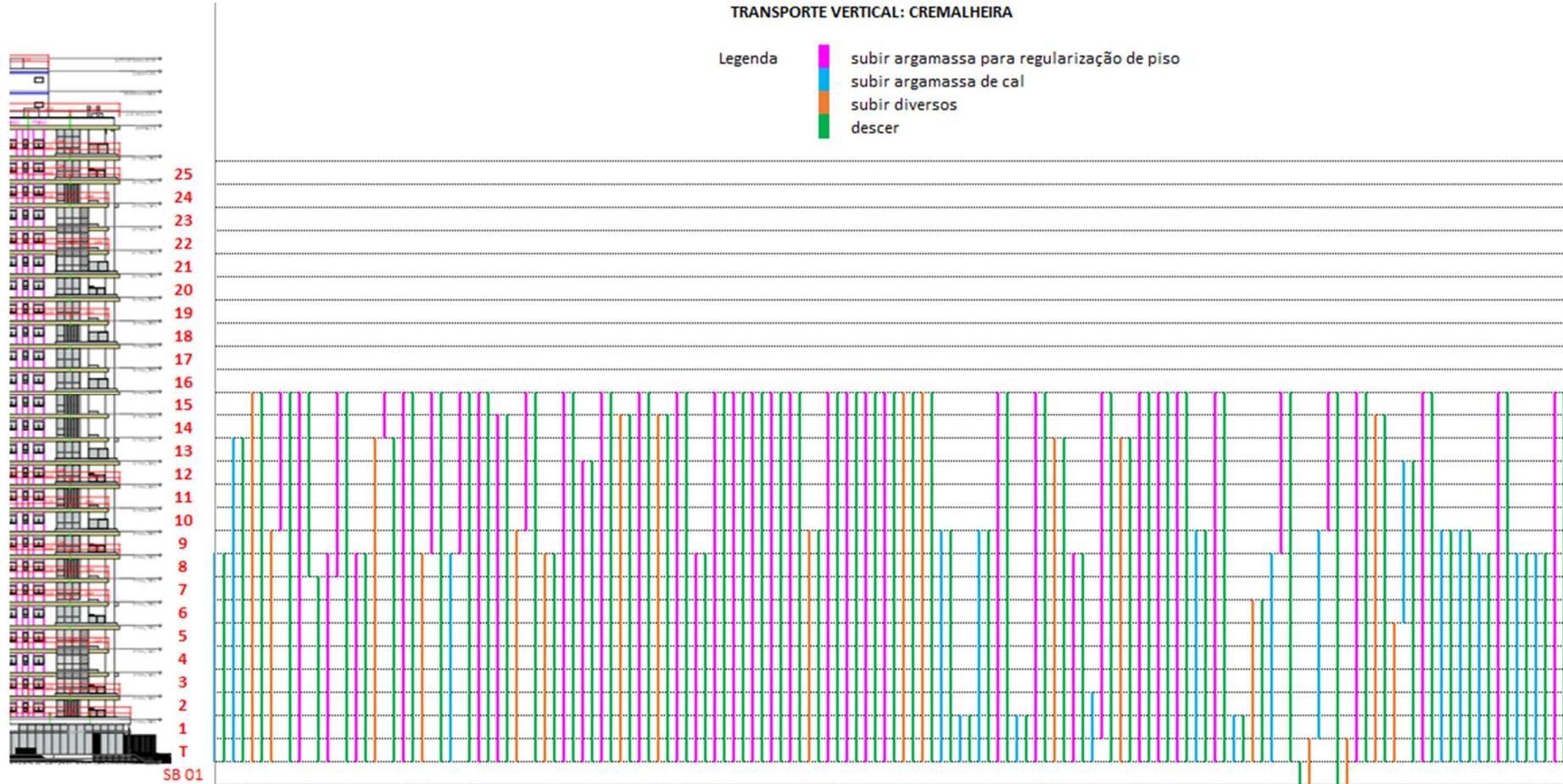
Fonte: Autoria própria (2024).

Após compreender o fluxo diário e o tempo de espera entre a solicitação e a entrega da argamassa no pavimento, tornou-se fundamental entender o fluxo logístico da cremalheira. Para isso, foi realizado um dia de observações, com coleta de dados sobre o deslocamento vertical da cremalheira, ou seja, o trajeto desde o térreo, seu ponto de partida, até o pavimento destino. Durante as observações, foram registrados os materiais transportados e o tempo gasto no percurso, desde a saída até o retorno ao térreo.

No dia do acompanhamento, a maior parte do transporte foi dedicada à argamassa utilizada para o serviço de regularização da laje, sendo processada pela equipe terceirizada responsável por essa atividade. Observou-se que, durante os deslocamentos para baixo, o Operador aproveitava para trazer giricas, recipientes de 200 litros, equipamentos e ferramentas que não seriam mais utilizados nos pavimentos superiores.

A coleta de dados teve início às 7 horas e 10 min. e terminou às 16 horas e 27 minutos. Com base nestes dados, foi possível elaborar o Diagrama de Espaguete (Figura 42), uma ferramenta comumente utilizada na Construção Enxuta, que ilustra de forma gráfica o fluxo percorrido pela cremalheira.

Figura 42 - Diagrama de espagete no transporte vertical



Fonte: Autoria própria (2024).

Para diferenciar as operações de subida e descida da cremalheira, bem como os insumos e materiais transportados, foram utilizadas as seguintes cores:

- cor rosa: subida da cremalheira com argamassa para regularização de piso;
- cor azul: subida da cremalheira com argamassa de cal;
- cor laranja: subida da cremalheira com materiais diversos;
- cor verde: descida da cremalheira.

A altura máxima de deslocamento da cremalheira foi até o 15º pavimento, onde ocorria a regularização de pisos. O maior tempo de deslocamento registrado foi de 14 minutos, enquanto o menor foi de 1 minuto. Nesse dia, a cremalheira realizou 143 deslocamentos, sendo 66 descidas, 31 subidas com argamassa para regularização de piso, 17 subidas com argamassa para reboco e 18 subidas com materiais diversos.

Observou-se que a movimentação da cremalheira foi constante ao longo do dia, com paradas apenas nos períodos de almoço e café. Isso ajudou a eliminar a hipótese de gargalos causados por tempos de inatividade da cremalheira, que permanecia em operação, atendendo à demanda de transporte de materiais e insumos durante a obra.

5.2 Mapeamento do fluxo de valor atual

Com base no estudo de tempo e movimento, foi possível elaborar o mapeamento do fluxo de valor no estado atual dos processos, identificando os desperdícios conforme proposto por Koskela (2000), como espera, movimentação, defeitos, excesso de processamento e *making-do*, como mencionado por Koskela e Bertelsen (2004).

5.2.1 Mapeamento do fluxo de valor - estado atual da alvenaria

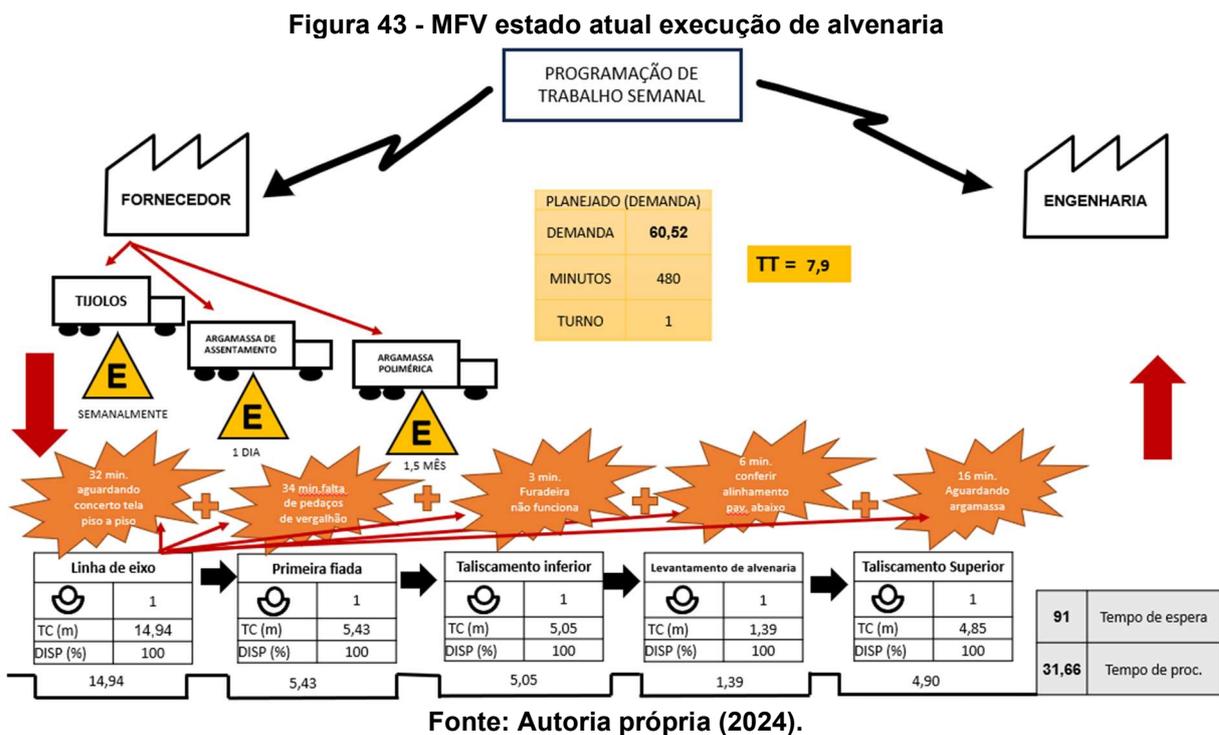
O mapeamento do fluxo de valor da execução da alvenaria inicia-se com a linha de eixo, passando pela execução da primeira fiada, taliscamento da primeira fiada, levantamento da alvenaria e, por fim, o taliscamento superior. Vale ressaltar que o taliscamento, embora faça parte do processo de alvenaria, é um serviço que define a espessura do reboco interno e externo.

Para calcular o Takt Time (TT), adotou-se a fórmula do tempo de trabalho produtivo líquido dividido pela demanda diária média do cliente (Barros, 2014). Considerou-se uma jornada de trabalho de 8 horas diárias, já descontado o intervalo

para almoço e café. Segundo a programação fornecida pela Coordenação da obra, o cronograma prevê 7 dias para a linha de eixo e 9 dias para a execução da primeira fiada, levantamento da alvenaria e taliscamento inferior e superior, conforme a seguinte divisão:

- a. Linha de Eixo
- b. Levantamento da Alvenaria
 - primeira fiada: 90,37 m²
 - taliscamento inferior
 - levantamento da alvenaria: 878 m²
 - taliscamento superior

O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) da execução da alvenaria está ilustrado na Figura 43.



Para ilustrar o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), não foram considerados os desperdícios identificados como etapas dos processos para compor a atividade, visto que os mesmos não aconteciam de maneira recorrente. No entanto, esses desperdícios, quando somados ao tempo de ciclo, acabam elevando o tempo total necessário para a execução da alvenaria.

O Quadro 6 apresenta a classificação dos desperdícios identificados no MFV da execução de alvenaria, de acordo com os princípios da filosofia Construção Enxuta.

Durante o acompanhamento, foram observados desperdícios de espera, *making-do* e defeito, conforme detalhado no Quadro 6.

Quadro 6 - Classificação do desperdício MFV execução de alvenaria

Etapa	Desperdício encontrado	Classificação
Linha de eixo	Entre o horário das 9:13 as 9:45 da manhã, um tempo de 32 minutos para aguardar o conserto da tela piso a piso, um equipamento de segurança coletiva, fixada na periferia da laje.	Espera
	entre o horário das 10:10 até às 10:44 da manhã, um tempo de 34 minutos, pois não havia pedaços de vergalhões para serem fixados na laje.	Making-do
	Parou para conferir a distância da face dos pilares até a linha de eixo no pavimento de baixo, para não haver diferença no alinhamento do reboco no pavimento que estava entre 12:52 a 12:58 horas, total de 6 minutos.	Defeito
	Entre o horário das 13:09 até às 13:25 da tarde, foi solicitado argamassa de assentamento, para assentar o tijolo referência para início da primeira fiada, mas que faz parte da execução da linha de eixo. Uma parada de 16 minutos aguardando a argamassa chegar ao pavimento.	Espera
Primeira fiada	Observou-se que por um período o equipamento utilizado para cortar os blocos cerâmicos, quando necessário, não estava no pavimento, fazendo com que o trabalhador se deslocando do pavimento que estava para outro, onde estava a lixadeira, equipamento usado para cortar o bloco cerâmico.	Movimentação

Fonte: Autoria própria (2024).

Ao analisar o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) do estado atual referente à elevação da alvenaria, foi possível identificar atividades com potencial de melhoria por meio da aplicação dos princípios da filosofia da Construção Enxuta. Um ponto importante a ser destacado é que, embora o tempo de ciclo para a execução da linha de eixo seja de 14,94 minutos, esse tempo poderia ser reduzido se dois profissionais trabalhassem simultaneamente, conforme a programação da obra, que prevê dois profissionais para essa tarefa. Com isto, o tempo de execução poderia ser diminuído pela metade.

5.2.2 MFV atual de reboco interno e externo

O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) do reboco interno e externo, ilustrado na Figura 44, inicia com a preparação do substrato, que envolve medir, cortar e aplicar as telas galvanizadas para reforço nas junções entre a estrutura e a alvenaria, além de áreas onde foram instalados sistemas hidráulicos, elétricos e de gás. Estas telas ajudam na aderência da argamassa de reboco. Após essa etapa, aplica-se o chapisco e, em seguida, a argamassa de reboco.

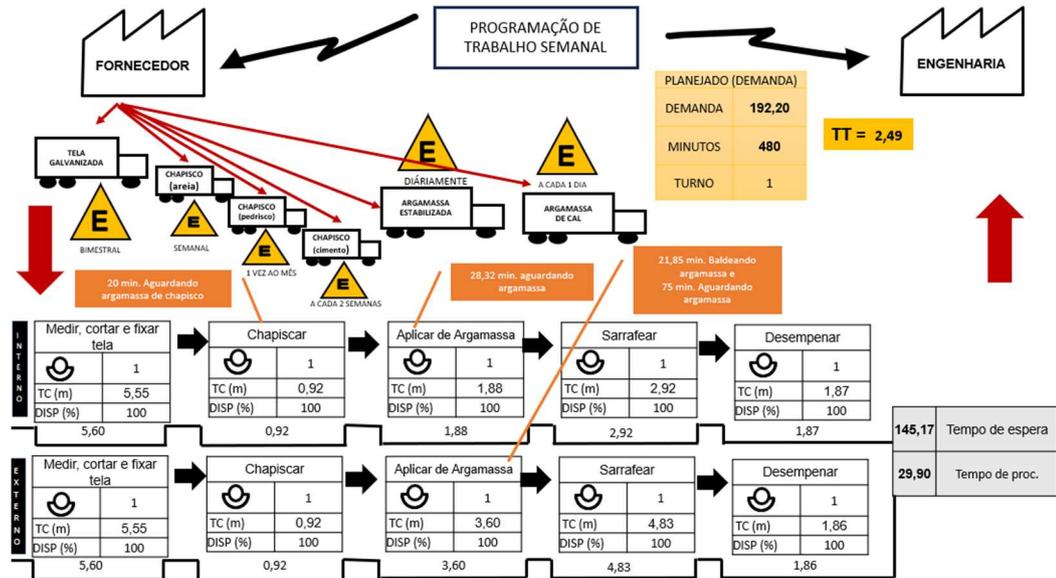
A principal diferença entre os processos de reboco interno e externo está no tipo de argamassa utilizada: a argamassa estabilizada é aplicada internamente, enquanto a argamassa de cal, que requer processamento no local, é utilizada para o reboco externo em sua maioria.

Para o cálculo do Takt Time, foi considerado um dia de trabalho de 8 horas, já descontado o intervalo para almoço e café. Dentro da programação de 9 dias estipulada pela Coordenação da Obra, as etapas previstas para os pacotes de reboco são as seguintes:

- a. reboco interno
 - corte e aplicação da tela de reforço
 - chapisco (302,60 m²)
 - aplicação de argamassa (1.249,60 m²)
- b. reboco externo
 - corte e aplicação da tela de reforço
 - chapisco externo (88,80 m²)
 - aplicação de argamassa (88,80 m²)

O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) para o reboco interno e externo está representado na Figura 44.

Figura 44 - MFV estado atual reboco interno e externo



Fonte: Autoria própria (2024).

Com base no Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) do processo de reboco, observa-se que o tempo de ciclo é de 29,90 minutos. Quando somado aos 145,17 minutos referentes aos desperdícios de espera e excesso de processamento, o tempo total para a execução de todo o processo, que inclui a preparação do substrato, reboco interno e externo, chega a 175,07 minutos para a entrega do pavimento.

O Quadro 7 apresenta a classificação dos desperdícios identificados no MFV de reboco interno, conforme a filosofia da Construção Enxuta.

Com base no Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) do processo de reboco, identificaram-se desperdícios de espera e excesso de processamento. Na atividade de chapisco, observou-se um tempo de espera de 20 minutos enquanto a argamassa de chapisco era transportada até o pavimento onde o serviço estava sendo executado. Esse tempo de espera ocorreu em duas ocasiões, quando a cremalheira parou no pavimento onde o serviço estava em andamento.

Quadro 7 - Classificação de desperdícios no MFV reboco

Etapa	Desperdício encontrado	Classificação
Chapisco (interno)	Solicitada argamassa de chapisco às 13 horas e 58 minutos, entregue às 14 horas e 08 minutos, espera de 10 minutos.	Espera
	Solicitada argamassa de chapisco às 14 horas e 39 minutos, entregue às 14 horas e 49 minutos, espera de 10 minutos.	Espera
Aplicação de argamassa estabilizada (interno)	Durante 11 vezes ficou aguardando o auxiliar trazer argamassa, em segundos: 132, 131, 132, 192, 92, 139, 79, 142, 157, 351 e 152	Espera
Aplicação de argamassa de cal (externo)	Quatro paradas neste dia aguardando argamassa chegar, foram elas: 22 minutos, 2 minutos 15 segundos, 4 minutos e 43 segundos, 9 minutos e 37 segundos.	Espera
	Duas paradas neste dia aguardando argamassa chegar, 8:10 até às 8:58 horas, um total de 48 minutos, posteriormente aguardou das 12:30 até às 12:55, um total de 25 minutos.	Espera
	Baldeação da argamassa transportada pela girica para uma carriola	Excesso de processamento
	Baldeação da argamassa que estava na carriola para um recipiente que fica sobre a bancada	Excesso de processamento

Fonte: Autoria própria (2024).

Na aplicação da argamassa no reboco interno, o profissional de pedreiro frequentemente precisava aguardar o auxiliar ir buscar mais argamassa para dar continuidade ao trabalho. Embora a argamassa estivesse armazenada em um recipiente de 500 litros no pavimento, a limitação de ter apenas uma girica exigia que o trabalhador aguardasse até que a girica fosse preenchida novamente após ser completamente esvaziada.

Na aplicação da argamassa de reboco externo, a solicitação da argamassa, em sua maioria, era feita de maneira informal diretamente ao operador da cremalheira, que então avisava o operador da betoneira. Esta gestão informal da cremalheira, onde as demandas são atendidas conforme surgem, gerava tempos de espera para a entrega da argamassa.

Outro desperdício observado foi o excesso de processamento no processo de reboco externo. O local onde o reboco estava sendo executado possuía acesso limitado, um espaço estreito onde só cabiam a carriola e o trabalhador. Isso exigia que a argamassa fosse transferida para uma carriola, e quando o serviço era realizado na parte superior da parede, a argamassa precisava ser colocada em um recipiente sobre a bancada.

5.3 Proposta de melhoria

Com base em todas as observações e acompanhamentos realizados nos processos de execução da alvenaria, reboco interno e externo, processamento de argamassa, fluxo de pedidos e logística da cremalheira, foram propostas melhorias para corrigir as perdas identificadas, reduzir os tempos elevados de *takt* em certos processos e resolver desvios observados.

As propostas de melhoria estão detalhadas no Quadro 8.

Quadro 8 - Proposta de melhoria		
Etapa	Problemas identificados	Proposta
Linha de eixo	Entre o horário das 9:13 às 9:45 da manhã, um tempo de 32 minutos para aguardar o conserto da tela piso a piso, um equipamento de segurança coletiva, fixada na periferia da laje.	Planejamento a curto e médio prazo das questões de segurança alinhadas com a execução da obra.
	entre o horário das 10:10 até às 10:44 da manhã, um tempo de 34 minutos, pois não havia pedaços de vergalhões para serem fixados na laje.	Elaboração de um <i>checklist</i> para uso diário
	Parou para conferir a distância da face dos pilares até a linha de eixo no pavimento de baixo, para não haver diferença no alinhamento do reboco no pavimento que estava entre 12:52 a 12:58 horas, total de 6 minutos.	Uso de Kaizen para criar um fluxo de informações no que tange às modificações em projeto
	Entre o horário das 13:09 até às 13:25 da tarde, foi solicitado argamassa de assentamento, para assentar o tijolo referência para início da primeira fiada, mas que faz parte da execução da linha de eixo. Uma parada de 16 minutos aguardando a argamassa chegar ao pavimento.	Implantação da ferramenta Kanban para solicitação de argamassa com programação de horários
	Tempo elevado no processo de execução da linha de eixo passível	Aumentar a equipe de trabalho para dois profissionais
Primeira fiada	Observou-se que por um período o equipamento utilizado para cortar os blocos cerâmicos, quando necessário, não estava no pavimento, fazendo com que o trabalhador se deslocando do pavimento que estava para outro, onde estava a lixadeira, equipamento usado para cortar o bloco cerâmico.	Uso do Kaizen, elaborando um plano de manutenção do equipamento e adquirindo um equipamento reserva
Medir, cortar e fixar tela	Tempo elevado no processo de medir, cortar e fixar tela	Aumentar a equipe de trabalho para dois profissionais
Chapisco	Solicitada argamassa de chapisco às 13 horas e 58 minutos, entregue às 14 horas e 08 minutos, espera de 10 minutos.	Implantação da ferramenta Kanban para solicitação de argamassa com programação de horários
	Solicitada argamassa de chapisco às 14 horas e 39 minutos, entregue às 14 horas 49 minutos, espera de 10 minutos	Implantação da ferramenta Kanban para solicitação de argamassa com programação de horários
Aplicação de argamassa (reboco interno)	Durante 11 vezes ficou aguardando o auxiliar trazer argamassa, em segundos: 132, 131, 132, 192, 92, 139, 79, 142, 157, 351 e 152	Adquirir mais uma girica para cada profissional
Aplicação de argamassa (reboco externo)	Quatro paradas neste dia aguardando argamassa chegar, foram elas: 22 minutos, 2 minutos, 15 segundos, 4 minutos e 43 segundos, 9 minutos e 37 segundos.	Implantação da ferramenta Kanban para solicitação de argamassa com programação de horários

	Duas paradas neste dia aguardando argamassa chegar, 8:10 até às 8:58 horas, um total de 48 minutos, posteriormente aguardou das 12:30 até às 12:55, um total de 25 minutos.	Implantação da ferramenta Kanban para solicitação de argamassa com programação de horários
	Baldeação da argamassa transportada pela girica para uma carriola	Confecção de um carrinho com as medidas necessárias para uso no beiral, onde está sendo realizado o reboco externo.
	Baldeação da argamassa que estava na carriola para um recipiente que fica sobre a bancada	
Processamento de argamassa	Traço de argamassa processado utilizando pás	Fornecer ao Operador sistemas medidores, conscientizá-lo e treiná-lo para o uso.
	Utilização da pá para auxiliar no processo de mistura da argamassa na betoneira	O profissional de SST deve conscientizar, orientar e fiscalizar o trabalhador.

Fonte: Autoria própria (2024).

É importante destacar que, apesar de alguns processos no reboco apresentarem tempos de ciclo (TC) superiores ao Takt Time (TT) previsto para a demanda de entrega do pavimento, como o sarrafeamento no reboco interno com TC de 2,92 minutos, o reboco externo com TC de 3,60 minutos para aplicação de argamassa e 4,83 minutos para o tempo de ciclo, isso não afetará o TT da programação, pois os demais processos estão abaixo do ritmo de produção programado.

Nos casos mencionados, não é viável aumentar a equipe executiva. Internamente, quando se aplica argamassa, é necessário aguardar o tempo de pega antes de realizar o sarrafeamento. Dessa forma, o profissional aplica toda a argamassa disponibilizada e, em seguida, realiza o sarrafeamento. Externamente, o espaço é muito estreito, o que impede a presença de um segundo trabalhador no mesmo local.

5.4 Mapeamento do fluxo de valor no estado futuro

A partir da identificação dos desperdícios nos processos analisados, tanto no MFV do estado atual quanto na cronoanálise, foi possível elaborar o mapeamento do fluxo de valor no estado futuro.

Um dos desperdícios mais recorrentes durante o acompanhamento dos serviços foi o tempo de espera pela argamassa processada na obra, que representou 139,32 minutos, ou aproximadamente 60% de todo o tempo de espera observado. Assim, percebeu-se que a criação de um fluxo contínuo - um dos pilares da Construção Enxuta - pode ajudar significativamente a reduzir esse desperdício de espera. O fluxo contínuo, conforme Barros (2014), busca criar um fluxo ininterrupto por meio da integração e do sequenciamento adequado dos processos, eliminando

interrupções e desperdícios. A implementação do Kanban para a solicitação e retirada de argamassa e materiais diversos contribuiria para a melhoria da gestão logística da cremalheira, promovendo a eliminação do desperdício de espera pela argamassa processada na obra.

Este fluxo contínuo também apoia os outros pilares da Construção Enxuta, como o princípio do Takt Time, que tem como objetivo equilibrar o ritmo de trabalho e garantir que todas as etapas da construção ocorram de forma sincronizada, evitando acúmulos ou atrasos. O princípio de puxar, focado no cliente, consiste em produzir apenas o que é necessário, quando é necessário, com base na demanda do cliente, evitando tanto a produção excessiva quanto a ociosidade no processo fornecedor (Barros, 2014).

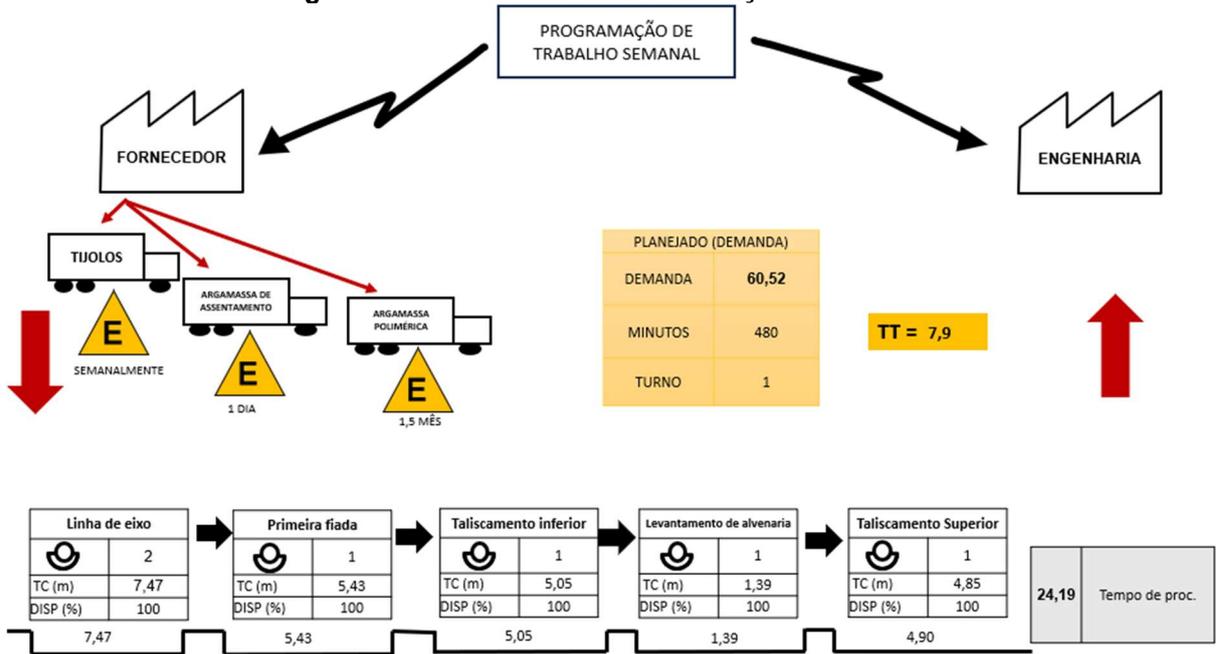
Outro desperdício significativo, em termos de tempo, foi o conserto da tela piso a piso, equipamento de segurança coletiva, que gerou 32 minutos de espera para a equipe que estava realizando a linha de eixo. Esse desperdício pode ser minimizado ou até eliminado com a participação dos profissionais de segurança nas reuniões de curto e médio prazo, possibilitando um planejamento mais eficiente para a implantação da segurança coletiva, alinhado com as atividades da obra.

Além disso, foi identificado o desperdício de *making-do* durante a execução da linha de eixo, com um tempo de 34 minutos. De acordo com Koskela e Bertelsen (2004), *making-do* ocorre quando uma atividade é iniciada sem os recursos necessários, o que leva a atrasos, ineficiências e retrabalho.

5.4.1 MFV estado futuro de alvenaria

Para o desenvolvimento do MFV do estado futuro, foi realizada uma análise detalhada dos desperdícios a serem eliminados e das melhorias nas etapas. Como resultado, foi possível eliminar 91 minutos referentes aos desperdícios identificados, além de uma redução de 7,47 minutos na etapa da linha de eixo, o que resultou em um tempo total de 24,19 minutos para todo o processo.

Figura 45 - MFV estado futuro execução de alvenaria

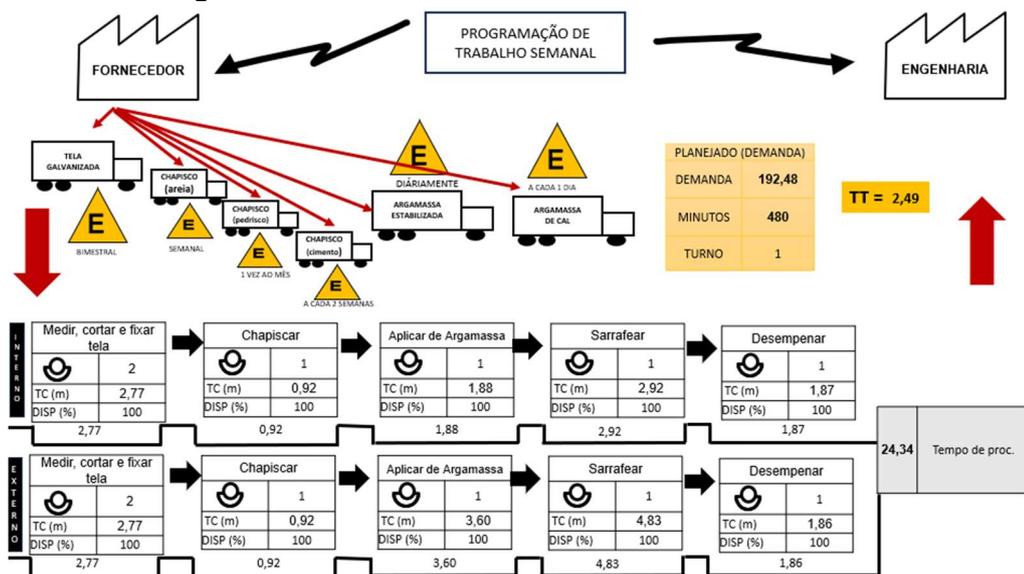


Fonte: Autoria própria (2024).

5.4.2 MFV estado futuro de reboco interno e externo

Com base no MFV do estado atual e nos desperdícios identificados durante o acompanhamento dos processos, é possível reduzir o tempo de desperdício de 145,17 minutos, além de 5,54 minutos na etapa de medir, cortar e fixar a tela na preparação do substrato. Dessa forma, o tempo total a ser reduzido é de 150,71 minutos, resultando em um tempo de processamento de 24,34 minutos. A Figura 46 ilustra essa melhoria.

Figura 46 - MFV estado futuro reboco interno e externo



Fonte: Autoria própria (2024).

5.5 Plano de ação para implantação

Com base na análise dos Mapeamentos de Fluxo de Valor (MFV), foi possível elaborar um plano de ação fundamentado na ferramenta 5W2H (Quadro 9). Esta ferramenta auxilia na definição clara e objetiva das ações necessárias para eliminar os desperdícios identificados e melhorar os processos. A seguir, é apresentado o quadro detalhado com as ações propostas para otimizar os processos e alcançar os resultados desejados.

Quadro 9 - Plano de ação 5W2H

O que será feito?	Quando será feito?	Quem fará?	Onde será feito?	Por quê será feito?	Como será feito?	Quanto custa?
Promoção de uma equipe para Kaizen	Conforme determinação da Coordenação	Coordenação da obra	No canteiro de Obras	Para promover a melhoria contínua	Através de uma reunião de nomeação	Sem custo adicional
Participação da TST nas reuniões de programação semanal de trabalho	Toda sexta-feira	Engenheiro Residente	Local de reunião onde está o quadro de programação	Para que as programações referentes implantação de EPC na obra não coincida com a execução do serviço	Reunião a cada 8 semanas e a cada semana	Sem custo adicional
Checklist diário referente a materiais e equipamentos necessários antes de iniciar a execução do serviço	Diariamente	Empreiteiro	Sala do Empreiteiro, local onde guarda ferramentas e equipamentos do Empreiteiro	Para que o trabalho seja iniciado com todas as ferramentas, equipamentos e materiais necessários, evitando paradas desnecessárias	Checar diariamente através de uma lista (serviço que será executado versus o que é necessário para execução)	Sem custo adicional
Ter equipamento reserva	Programação de compra do Empreiteiro	Empreiteiro	Sala do Empreiteiro, local onde guarda ferramentas e equipamentos do Empreiteiro	Para evitar paradas na execução do serviço	Compra de um novo equipamento	R\$ 314,99 furadeira
Programação de manutenção de equipamentos	Conforme programação planejada			Para evitar o uso de equipamentos com problemas	Enviar o equipamento para manutenção	Conforme manutenção necessária
Implantação de Kanban para solicitação e retirada de argamassa e materiais com programação de horários (processamento e transporte na cremalheira)	Conforme planejamento da Engenharia da Obra	Equipe Kaizen	Setor de processamento de argamassas e transporte vertical	Para estabelecer um fluxo contínuo (de acordo com a programação pré-estabelecida no quadro), entre o processamento, transporte e recebimento do insumo pelos Profissionais de Pedreiro, no pavimento.	Projeto de implantação de <i>Kanban</i> de pedido e processamento de argamassa.	Sem custo adicional

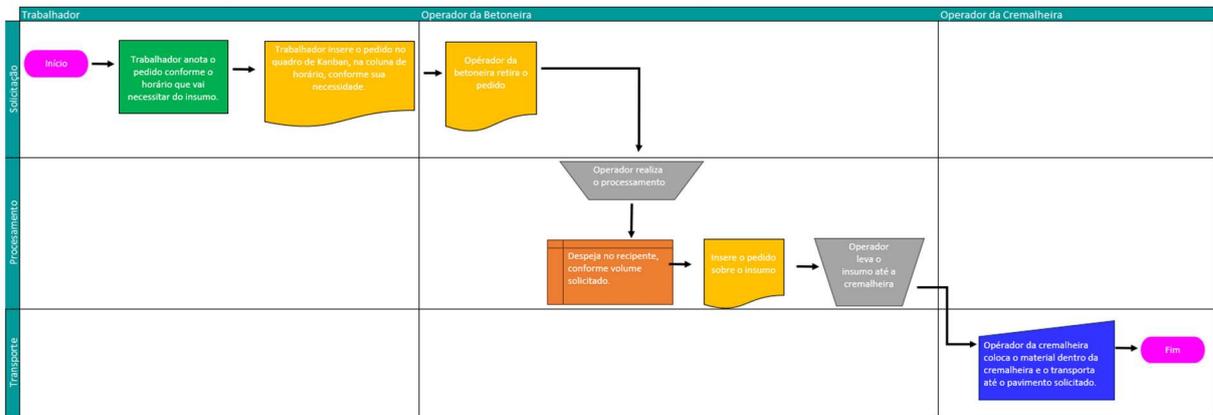
Disponibilizar 2 giricas para cada Profissional de Pedreiro	Conforme planejamento da Engenharia da Obra	Engenharia da Obra	Execução de reboco interno	Para que não haja espera em receber o material	Solicitação de Compras	de	R\$ 542,00 cada girica
Confecção de um carrinho com as medidas necessárias para uso no beiral, onde está sendo realizado o reboco externo.	Conforme planejamento da Engenharia da Obra	Engenharia da obra	Execução de reboco externo	Para eliminar o excesso de processamento	Solicitação de Compras	de	Sob medida
Aumentar para dois trabalhadores a equipe que executa as etapas de execução da linha de eixo e da etapa de medir, cortar e fixar tela.	Próximas programações	Coordenação da obra alinhado com Empreiteiro	Atividades de linha de eixo e preparação do substrato nos próximos pavimentos	Diminuir o tempo de processo destas atividades	Reunião de alinhamento	de	Sem custo se tiver realocação de mão de obra. Se for preciso contratar o cu.

Fonte: Autoria própria (2024).

5.5.1 Esquematização para implantação do Kanban

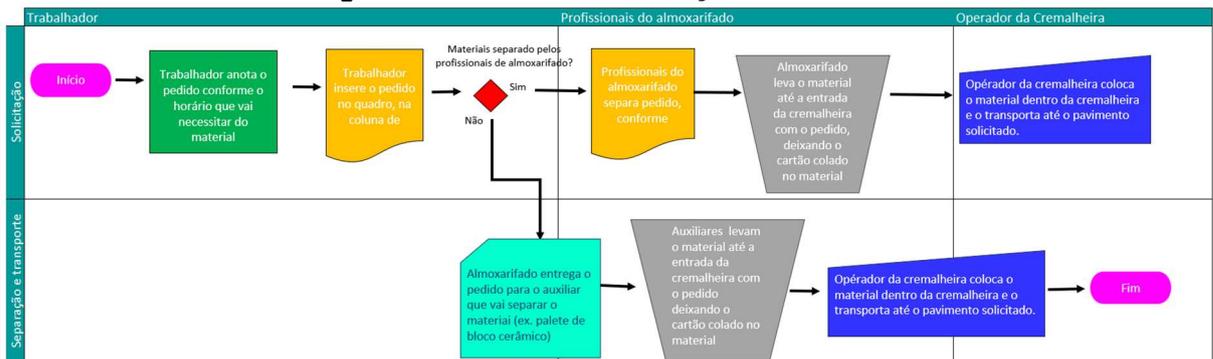
Considerando que a maior parte dos desperdícios se refere à espera pela argamassa, foi proposta à equipe de engenharia da obra a implementação de um sistema Kanban para a solicitação e controle do processamento da argamassa, bem como para o transporte de materiais por meio da cremalheira. O uso do Kanban visa otimizar o fluxo de trabalho, garantindo que a argamassa e os materiais sejam disponibilizados conforme a demanda, minimizando o tempo de espera e melhorando a eficiência. Os fluxos desse processo estão ilustrados nas Figuras 47 e 48.

Figura 47 - Kanban de solicitação de argamassa rodada em obra



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 48 - Kanban de solicitação de materiais



Fonte: Autoria própria (2024).

Os cartões de pedido serão preenchidos e solicitados no dia anterior pelos profissionais que necessitarem de argamassa e materiais. Isso permitirá que o Operador da Betoneira e a equipe do Almoxarifado se planejem adequadamente, considerando o que foi solicitado, a quantidade necessária, o horário de entrega e o destino do material. O modelo do cartão Kanban é ilustrado na Figura 49.

Figura 49 - Cartão Kanban

 NEST 635	
PEDIDO Nº:	
Hora do pedido:	
Insumo:	
Quantidade	Pavimento

Fonte: Autoria própria (2024).

Os cartões serão organizados em um quadro (Figura 50), disposto por horário. Cada intervalo poderá registrar até 10 pedidos de argamassa processada por hora. Essa quantidade foi determinada com base no acompanhamento do fluxo diário de argamassa transportada pela cremalheira. Considerando que cada ciclo de processamento leva, em média, 6,12 minutos, com um volume de 400 litros, e que a cremalheira pode transportar até 4 giricas de 80 litros ou 2 recipientes de 200 litros, será possível manter um fluxo contínuo de pedidos e entregas de argamassa, intercalado com o transporte de materiais. Estes materiais também serão solicitados por meio de um quadro, conforme ilustrado na Figura 51.

Figura 50 - Quadro para solicitação de argamassas para Kanban

SOLICITAÇÃO DE ARGAMASSAS										
7:30	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30
										
										
										
										

Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 51 - Quadro para solicitação de materiais para Kanban

PEDIDOS DE MATERIAIS DIVERSOS										
7:30	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30
										
										
										
										

Fonte: Autoria própria (2024).

Sendo assim, a implementação do Kanban para a solicitação de argamassas e materiais promoverá uma maior harmonia entre os serviços em execução na obra, visto que grande parte dos materiais, insumos, ferramentas e equipamentos são transportados pela cremalheira. Além dos benefícios derivados dos princípios da Construção Enxuta, a adoção do Kanban também incorpora o princípio Just-in-Time (JIT), conforme abordado pelos autores Dennis (2008) e Pascal (2008). O JIT tem como elementos fundamentais o Kanban e o nivelamento de produção. O Kanban fornece instruções visuais claras para fornecedores e clientes, enquanto o nivelamento de produção cria uma base para processos padronizados, garantindo que apenas a quantidade solicitada seja produzida. Esta prática contribui para um melhor alinhamento da produção com a demanda, visualizando claramente as necessidades do cliente. Por fim, o JIT promove maior flexibilidade entre pessoas e máquinas, facilitando a adaptação e otimizando a eficiência dos processos.

6 CONCLUSÃO

A pesquisa realizada permitiu verificar que o mapeamento do fluxo de valor no estado atual oferece uma visão ampla e detalhada das etapas do processo, evidenciando o tempo necessário para cada uma delas e facilitando a identificação de desperdícios que não agregam valor ao processo ou ao cliente. A partir desta análise, foi possível detectar oportunidades de melhorias nas etapas dos serviços de execução de alvenaria, reboco interno e externo, ainda mais considerando que o objetivo da pesquisa foi propor inovações e melhorias nesses serviços, utilizando ferramentas e princípios da Construção Enxuta para eliminar os desperdícios identificados e otimizar o fluxo de trabalho.

Durante a fase de estudo de tempo e movimento, ficou claro que as atividades que compõem o serviço não apresentam desperdícios recorrentes entre as etapas, em sua maioria, com exceção da execução do reboco externo que possui excesso de processamento. Durante todo o acompanhamento dos serviços foram observados desperdícios significativos relacionados à espera, making-do, defeitos, movimentação e excesso de processamento.

Os principais desperdícios que impactam os processos em estudo estão associados à espera pela argamassa. No caso do reboco interno, a argamassa permanece no pavimento onde será consumida, e foi observado um total de 11 ocorrências de espera, visto que o profissional de Pedreiro precisa aguardar o ajudante ir buscar argamassa, por meio da girica, toda vez que terminava de utilizá-la na tarefa que estava executando, isso porque havia somente uma girica para transporte interno no pavimento, o que totalizou 28,32 minutos de espera.

Já no reboco externo, que utiliza argamassa processada no canteiro de obras, houve 10 ocorrências de espera, somando 111 minutos. Esta espera é relacionada ao momento em que o Profissional de Pedreiro solicitava a argamassa até o momento em que a mesma era entregue no pavimento de consumo.

Para entender as causas dessas esperas, foi realizado um acompanhamento referente ao fluxo de solicitação de argamassa, levando em consideração o momento solicitado até sua entrega. O processamento da argamassa de cal em obra, que era utilizada tanto no levantamento de alvenaria quanto no reboco externo. E também, foi

observado o fluxo logístico de transporte para entrega da argamassa, materiais e equipamentos diversos durante o dia de trabalho.

Verificou-se que o tempo médio de processamento da argamassa é de 6,12 minutos. Vale ressaltar que o Operador da betoneira deixava sempre uma betoneira cheia, isso é, com argamassa já processada, pronta para uso. Segundo o que o Profissional explicou, ele fazia desta maneira para não causar atrasos na entrega da argamassa. Sendo assim, a hipótese de existir atrasos quanto ao tempo de processamento de argamassa em obra foi descartado.

Já o tempo médio de transporte, via cremalheira, é de 4,28 minutos. No dia de acompanhamento logístico da cremalheira, ficou claro que a mesma trabalha constantemente para atender a demanda da obra, parando somente no horário de almoço e café. Desta forma, também foi eliminado a hipótese de haver tempos de inatividade da cremalheira, o que poderia ser um causador das esperas.

No entanto, ao observar o fluxo de solicitação de argamassa no canteiro de obras, considerando o tempo entre o pedido e a entrega da argamassa, constatou-se que a variação de espera foi de 5 a 75 minutos.

Ainda, com o mapeamento do fluxo de valor (MFV) no estado atual, foi possível identificar tanto o tempo de ciclo dos processos quanto os tempos de desperdício. No serviço de levantamento de alvenaria, o tempo de processamento foi de 31,66 minutos, com um desperdício de 91 minutos. Para o serviço de reboco interno e externo, o tempo de processamento foi de 29,90 minutos, com 145,17 minutos de desperdício.

Ao desenhar o MFV no estado futuro, os desperdícios foram eliminados, resultando em uma redução no tempo de processamento. Para o serviço de levantamento de alvenaria, o tempo de processamento foi reduzido para 24,19 minutos, enquanto para o reboco interno e externo, o tempo de processamento caiu para 24,34 minutos.

Estas melhorias só foram possíveis devido à proposta de implementação de um plano de ação focado em práticas e ferramentas da Construção Enxuta. Entre as ações sugeridas, destacam-se a nomeação de uma equipe Kaizen, a inclusão da equipe de segurança nas reuniões de curto prazo, realizadas às sextas-feiras no canteiro de obras, e na de médio prazo que são realizadas no escritório da matriz mensalmente, e pôr fim, a implantação de um quadro de Kanban para a solicitação de argamassa e materiais, construído desta forma, um fluxo contínuo, garantindo que a

argamassa e os materiais sejam disponibilizados conforme a demanda, minimizando o tempo de espera e melhorando a eficiência. A adoção destas melhorias proporcionará maior alinhamento e fluxo, agregando valor tanto aos processos quanto ao cliente.

Uma das principais premissas da Construção Enxuta é eliminar os desperdícios, para tanto a presente pesquisa limitou-se ao estudo dos processos operacionais, no que tange ao cálculo do Tack Time, estudo de tempo e movimento para compor o tempo médio de ciclo de cada operação, mapeamento do fluxo de valor dos serviços no estado atual, identificação dos desperdícios, para daí então realizar a construção um novo mapeamento de fluxo de valor dos serviços, de forma mais eficiente e sem desperdícios.

Como sugestão para pesquisa futuras, propõe-se estudos referente ao custo de tempo dos trabalhadores e o quantitativo de consumo de materiais necessários para execução destes serviços por metro quadrado, contribuindo assim na demonstração dos desperdícios em valores monetários.

REFERÊNCIAS

- ABDEL, J. O.; ITANI, A.; AL-HUSSEIN, M. Simulação de mapeamento de fluxo de valor enxuto de eventos discretos. *In: CONFERÊNCIA ANUAL DO GRUPO INTERNACIONAL PARA CONSTRUÇÃO ENXUTA*. 30., 2022, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: IGSE, 2022, p. 153-163. doi.org/10.24928/2022/0118.
- ABDULLAH, S.; ABDUL-RAZAK, A.; ABUBAKAR, A.; Mohammad, IS Rumo à produção de melhores práticas na indústria de construção da Malásia: as barreiras na implementação da abordagem de construção enxuta; Falha em Engenharia e Ciência da Geoinformação; Universiti Teknologi: Padang, Malásia, 2009.
- AHMAN, N. A.; SHARIF, S. M.; ESA, M. M. Estudo de caso de Lean Manufacturing com implementação do Sistema Kanban. **Procedia Economia e Finanças** *Procedia*, v. 7, n. 1, p. 174-180, jan. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259993313_Lean_Manufacturing_Case_Study_with_Kanban_System_Implementation. Acesso em: 20 nov. 2024.
- AHMED, S. **Causas de acidentes em obras em Bangladesh**. *In: Organização, Tecnologia e Gestão na Construção*, v. 11, p. 1933-1951, 2019, Georgia. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333753578_Causes_of_Accident_at_Construction_Sites_in_Bangladesh. Acesso em: 22 jul. 2024.
- ALVES, A. C.; KAHLEN, F.-J.; FLUMERFELT, S.; SIRIBAN-MANALANG, A.B. Produção enxuta multidisciplinar: das operações a educação. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION RESEARCH - AMERICAS*, 7., 2014, Lima, Peru. **Anais [...]**, Lima, Peru, 2014
- ANDRADE, D. F. **Gestão pela qualidade**. 3. ed. Belo Horizonte: Poisson, 2018.
- ARANTES, P. C. F. G. **Lean construction: filosofia e metodologias**. 2008. 108 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade do Porto, Portugal, 2008.
- ARAÚJO, C.H., GUIMARÃES, I.F.G., NASCIMENTO, A.B.S., ANDRADE, P.A.F.L., Lean Construction: perspectivas no âmbito da construção civil brasileira. **Revista de Gestão e Secretariado**, 2023, v. 14, n2, p.2545-2561. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/1729>. Acesso em: 11 nov.2024.
- BALLARD, G.; TOMMELEIN, I.; KOSKELA, L.; HOWELL, G. **Ferramentas de construção enxuta e técnicas**. Califórnia/EUA: Design and Construction, 2007, p. 227-255. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=7V1AORUAAAAJ&citft=1&citft=2&citft=3&email_for_op=limaarquitectura%40gmail.com&citation_for_view=7V1AORUAAAAJ:LkGwnXOMwfcC. Acesso em: 03 mai. 2024.
- BALKHY, A. W.; SWEIS, R.; LAFHAJ, Z. Barreiras para adoção do Lean construction na construção industrial: o caso da Jordânia. **Edifícios**, v. 11, n. 222, p. 1-17, mai. 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/11/6/222>. Acesso em: 03 mai. 2024.

BAJJOU, M. S. Implementação da construção enxuta na indústria da construção marroquina: conscientização, benefícios e barreiras. **Revista de Design e Tecnologia de Engenharia**, v. 16, n. 4, p. 533-556, set. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327509930_Lean_construction_implementation_in_the_Moroccan_construction_industry_Awareness_benefits_and_barriers. Acesso em: 09 mai. 2024.

BARBOSA, F.; WOETZEL, J.; MISCHKE, J.; RIBEIRINHO, J. M.; SRIDHAR, M.; PARSONS, M.; BERTRAM, N.; BROWN, S. **Reinventando a construção**: um caminho para maior produtividade. Instituto Global McKinsey, 2017. p. 1-168. Acesso em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution/pt-BR>. Acesso em: 20 mai. 2024.

BARROS, J. **Lean construction & excelência operacional**. Sistema de Produção para Construção: Princípios e conceitos para implementação. São João dos Campos, SP: IOpEx Brasil, 1. ed., 2014.

BELANDI, C.; GUIMARÃES, C. A. **Brasil tem 207,8 milhões de habitantes, mostra prévia do Censo 2022**. Agência IBGE Notícias, 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/35954-brasil-tem-207-8-milhoes-de-habitantes-mostra-previa-do-censo-2022>. Acesso em: 20 dez. 2023.

BELANDI, J.; FAWZIA, F.; KARIM, A. Barreiras à implementação de práticas de construção enxuta na indústria do Reino da Arábia Saudita (KSA). **Revista Inovação na Construção**, v. 17, n. 1, p. 46-69, fev. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/323367787_Barriers_to_implementing_lean_construction_practices_in_the_Kingdom_of_Saudi_Arabia_KSA_construction_industry. Acesso em: 18 set. 2024.

BONNEY, M. C.; ZHANG, Z.; HEAD, M. A.; TIEN, C. C.; BARSON, R. J. Os sistemas push e pull são realmente diferentes? **Revista Internacional de Economia da Produção**, v. 59, p. 53-64, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527398000942>. Acesso em: 02 jul. 2024.

BORGES, S. L. F. A evolução do sistema de produção e a implementação do balanceamento multifuncional para pequenos volumes. **Espacios**, v. 38, n. 1, p. 13, 2016. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n01/a17v38n01p13.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2024.

CARDOSO, R. O sistema de produção da **Lean construction** - Parte 8/10. Site Oficial. Disponível em: <https://www.rclc.com.br/single-post/2019/08/10/o-sistema-de-produ%C3%A7%C3%A3o-da-lean-construction-parte-810>. Acesso em: 02 ago. 2024.

CARRIJO, P. R. S. **Mapeamento do fluxo de valor: obstáculos, potencialidades e benefícios na cafeicultura**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de São Carlos, 2021. Disponível: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/14821>. Acesso em: 17 mar. 2025.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

COSTA, J. M. **Qualidade na construção**. 2018. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) - Universidade do Porto, Portugal, 2018.

COSTA, D. B.; BURGOS, A. P. Avaliação do uso do kanban em canteiros de obras. *In: CONFERÊNCIA ANUAL DO GRUPO INTERNACIONAL PARA CONSTRUÇÃO LEAN*. 20., 2012, San Diego, Califórnia, EUA. **Anais [...]** San Diego: IGCE, 2012, p. 1-10. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/756>. Acesso em: 10 out. 2024.

CORIAT, B. **Pensar pelo avesso: o modelo japonês de trabalho e organização**. 2. ed. Rio de Janeiro: Renavan, 1994.

CROSBY, P. B. **Qualidade é grátis: a arte de tornar a qualidade certa**. 1. ed. Nova York: Nova Biblioteca Americana, 1979.

COUTINHO, T. **Diagrama de espaguete: conheça a ferramenta que é essencial no Lean manufacturing**. Site Oficial. Disponível em: <https://voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-espaguete>. Acesso em: 13 nov. 2024.

DEL SAVIO, A.; SUESCA, O.; ISORÉ, F. **Produtividade na indústria da construção**. Site Oficial. Disponível em: https://www.Conexig.Com/Es/Productividad_industria_construccion/. Acesso em: 05 jul. 2024.

DENNIS, P. **Produção Lean simplificada**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

EL SAYEGH, A.; EL-ADAWAY, I. Índice de planejamento colaborativo: uma nova referência abrangente para colaboração em projetos de construção. **Revista de Gestão em Engenharia**, v. 37, n. 5, s/p, jun. 2021. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/16173>. Acesso em: 23 jun. 2024.

FERRER, P. A. M. **Análise das contribuições da construção enxuta identificadas no planejamento de uma construção utilizando BIM 4D e metodologia LPS**. 2021. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção) - Escola de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança para grau de Dupla Diplomação com a UTFP - Guarapuava, Bragança, 2021.

FERREIRA, R. **Sistemas Lean**. 1. ed. Belo Horizonte, MG: Poisson, 2018.

GAYER, J. A. C. A. **Gestão da qualidade total e melhoria contínua de processos**. 1. ed. Curitiba: Contentus, 2020.

FORMOSO, C. T.; DOS SANTOS, A.; POWELL, J. A. Um estudo exploratório sobre a aplicabilidade da transparência de processos em canteiros de obras. **Jornal de Pesquisa em Construção**, v. 3, n. 1, p. 35-54, mar. 2002. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/25531/1/implantacaoleanconstruction.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2024.

FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Lean construction: princípios e ferramentas para melhoria da produtividade no processo construtivo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. 18., 2019, Belo Horizonte, Brasil. **Anais [...]** Belo Horizonte: BGE, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/25531/1/implantacaoleanconstruction.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2024.

- FURTADO, C. F. C. **Conceitos e ferramentas da qualidade como estratégia de construção e práticas em gestão em saúde**. Campina Grande: Editora Amplla, 2022. Disponível em:
<https://ampllaeditora.com.br/books/2023/03/GestaoQualidadeSaude.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- GAMBIRASIO JR., L. **Mapeamento do fluxo de valor. Apresentação no Lean gerenciando organizações**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2004.
- GERMANO, A. V.; FONSECA, N. J. M.; MELO, R. S.; MOURA, A. M. Mapeamento do fluxo de valor: estudo de caso em concretagem de pilares. *In: CONFERÊNCIA ANUAL DO GRUPO INTERNACIONAL PARA CONSTRUÇÃO ENXUTA (IGLC)*, 25., 2019, Heraklion, Grécia. **Anais** [...] Heraklion: IGLC, 2019, p. 821-828. Disponível em: <https://www.iglc.net/Papers/Details/1473>. Acesso em: 05 ago. 2024.
- GHINATO, P. Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente just-in-time. **Produção [online]**, v. 5, n. 2, p. 169-189, 1996. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/262478369_Sistema_Toyota_de_producao_mais_do_que_simplesmente_Just-in-Time. Acesso em: 05 jun. 2024.
- GHOSH, S.; BURGHART, J. Construção enxuta: experiência de empreiteiros dos EUA. **Jornal Internacional de Educação e Pesquisa em Construção**, v. 17, n. 2, p. 133-153, nov. 2019. Disponível em:
<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/25531/1/implantacaoleanconstruction.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2024.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- GOMEZ, A.; MORALES, D. Análise da produtividade na construção de moradia baseada em resultados de mão de obra. **INGE CUC**, v. 12, n. 1, p. 21-31, jan. 2016. Disponível em:
https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25426?locale=pt_BR. Acesso em: 18 set. 2024.
- GRENHO, L. F. S. **Last Planner System e Just in Time na construção**. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado em Construções) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, PT, 2009.
- HINES, P.; RICH, N. As sete ferramentas de mapeamento do fluxo de valor. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 17, n. 1, p. 46-64, jan. 1997. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/235309659_The_seven_value_stream_mapping_tools. Acesso em: 01 ago. 2024.
- HOPP, W.; SPEARMAN, M. L. **Física de fábrica**. 1. ed. Boston: Irwin, 2011.
- HTUN, A.; KHAING, C. Lean manufacturing, Just in Time e Kanban do Toyota Production System (TPS). **International Journal of Scientific Engineering and Technology Research**, v. 8, n. 1, p. 469-474, jan. 2019. Disponível em:
<https://ijsetr.com/uploads/165423IJSETR17537-99.pdf>. Acesso em: 02 out. 2024.
- INTELIGÊNCIA ECONÔMICA - CBIC. **Desempenho econômico da construção civil em 2024 e perspectivas para 2025**. 1. ed. São Paulo: CBIC, p. 1-33, dez. 2024.
- KANAI, J.; FONTANINI, P. S. P. Mapa de fluxo de valor e Visilean® para gerenciamento de painéis de concreto pré-fabricados. *In: TOMMELEIN, I. D.;*

DANIEL, E. (Eds.). *In*: CONFERÊNCIA ANUAL DO GRUPO INTERNACIONAL PARA CONSTRUÇÃO ENXUTA (IGLC28). 26., 2020, Berkeley, Califórnia, EUA.

Anais [...] Berkeley: IGLC, 2020, p. 673-684. Disponível em:

<https://www.iglc.net/Papers/Details/1764>. Acesso em: 03 ago. 2024.

KATTMAN, B.; CORBIN, T. P.; MOORE, L. E.; WALSH, L. As práticas visuais no local de trabalho impactam positivamente os processos de negócios.

Benchmarking: Um Jornal Internacional, v. 19, n. 3, p. 412-430, mai. 2012.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/326968482_Improving_transparency_in_construction_management_a_visual_planning_and_control_model. Acesso em: 10 ago. 2024.

KOSKELA, L. Aplicação da nova filosofia de produção à construção. **Center for Integrated Facility Engineering**, v. 72, ed. 1, p. 1-75, set. 1992. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Lauri-Koskela-2/publication/243781224_Application_of_the_New_Production_Philosophy_to_Construction/links/5bcd97a792851cae21b8dd9a/Application-of-the-New-Production-Philosophy-to-Construction.pdf. Acesso em: 02 ago. 2024.

KOSKELA, L.; TEZEL, A.; TZORTZOPOULOS, P. Por que gestão visual? *In*: CONFERÊNCIA ANUAL DO GRUPO INTERNACIONAL PARA CONSTRUÇÃO ENXUTA (IGLC). 26., 2018, Chennai, Índia. **Anais** [...] Chennai: IGLC, 2018 p. 250-260. Disponível em:

https://publications.aston.ac.uk/id/eprint/43142/1/Koskela_et_al._2018_Why_Visual_Management_.pdf. Acesso em: 25 jul. 2024.

KOSKELA, L. **Uma exploração em direção a uma teoria da produção e sua aplicação à construção**. 2000. 298 f. Tese (Doutorado em Tecnologia) - VTT, Universidade de Tecnologia de Helsinque, Espoo, Finlândia, 2000.

KOSAKA, G. I. Jidoka. Site Oficial. Disponível em:

<https://www.lean.org.br/artigos/102/jidoka.aspx>. Acesso em: 10 ago. 2024.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de metodologia científica. v. 1, 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LEHTOVAARA, J.; SEPPÄNEN, O.; PELTOKORPI, A.; KUJANSUU, P. G. Como a produção de takt contribui para o fluxo de produção da construção: um modelo teórico. **Gestão e Economia da Construção**, v. 39, n. 1, p. 73-95, out. 2020.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/344486862_How_takt_production_contributes_to_construction_production_flow_a_theoretical_model. Acesso em: 12 set. 2024.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Relatório A3**: ferramenta para melhoria de processos. Site Oficial, 2006. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/90/relatorio-a3-ferramenta-paramelhorias-de-processos.aspx>. Acesso em: 10 ago. 2024.

LI, L.; LI, Z.; LI, X.; GUANGDONG, W. Uma revisão da construção enxuta global durante as últimas duas décadas: análise e visualização. **Gestão de Engenharia, Construção e Arquitetura**, v. 26, n. 6, p. 1192-1216, jul. 2019. Disponível em:

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s12917-019-1877-x.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2024.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O modelo Toyota**: manual de aplicação. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, J. K. **O jeito Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. 1. ed. New York: McGraw-Hill, 2004.

LI, S.; FAN, M.; WU, X. Técnicas de construção enxuta e desempenho individual. *In*: CONFERÊNCIA ANUAL DO GRUPO INTERNACIONAL PARA CONSTRUÇÃO ENXUTA. 27., 2019, Dublin, Irlanda. Anais [...] Dublin: IGLC, p. 1469-1477. Disponível em: <https://www.iglc.net/Papers/Details/1716>. Acesso em: 20 jul. 2024.

LIMA, F. E. C. **Soluções práticas na implementação de Lean Construction em estaleiros de construção**: estudo de caso. 2023. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção) - Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, Bragança, 2023.

LORENZON, I. A. **A medição de desempenho na construção enxuta**: estudos de caso. 2008. 221 f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

LOBAUGH, M. O valor do mapeamento do fluxo de valor para os alunos. **Conferência e Exposição Anual de 2008**, Sociedade Americana para Educação em Engenharia. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_ST_387_1917_43442.pdf. Acesso em: 08 jul. 2024.

LUMMUS, R. R.; VOKURKA, R. J.; RODEGHIERO, B. Melhorando a qualidade por meio do mapeamento do fluxo de valor: um estudo de caso de uma clínica médica. **Gestão da Qualidade Total e Excelência Empresarial**, v. 17, Ed. 8, p. 1063-1075, 2006. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/mapeamento_do_fluxo_de_valor_um_estudo_de_caso_em_um_laborat%C3%93RIO_de_an%C3%81LISES.pdf. Acesso em: 13 ago. 2024.

MAGALHÃES, I. R. V. *et al.* **Lean Office**: estudo da aplicabilidade conceitual na gestão pública municipal. Dissertação (Mestrado) Engenharia de Produção - Universidade Federal do Amazonas, 2017. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5792>. Acesso em 17 mar. 2025.

MANAVIZADEH, N.; HOSSEINI, N.; RABBANI, M.; JOLAI, F. A. Algoritmo de simulação de recozimento para um problema de balanceamento de linha U de montagem de modelo misto tipo I considerando eficiência humana e abordagem Just-In-Time. **Computers & Industrial Engineering**, v. 64, n. 1, p. 669-685, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/346691382_simulacao_de_processos_para_aplicacao_de_balanceamento_de_linha_na_industria. Acesso em: 18 set. 2024.

MARADZANO, I.; MATOPE, S.; DONDOFEMA, R. A. Aplicação de princípios Lean na indústria de construção sul-africana. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 30, n. 3, p. 210-223, nov. 2019. Disponível em: <https://sajie.journals.ac.za/pub/article/view/2240>. Acesso em: 03 set. 2024.

MARTINS, G. H.; CLETO, M. G. Mapeamento do fluxo de valor e a análise do valor agregado: um estudo de caso no setor de embalagens de papel no Brasil. **Revista Eletrônica Conhecimento Interativo**, v. 10, n. 1, p. 59-83, 2017. Disponível em:

<http://app.fiepr.org.br/revistacientifica/index.php/conhecimentointerativo/article/view/18>. Acesso em: 17 mar. 2025.

MARSHALL, I. J. *Gestão da qualidade*. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2008.

MATUSZAK, A. R. **Práticas Lean construction**: investigação do ensino nos cursos de graduação em Engenharia Civil. 2020. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, 2020.

MEMON, M.A.; SALLEH R.; MIRZA, M.Z.; CHEAH JH.; TING, H.; AHMAD, M.S.; TARIQ, A. A satisfação é importante: as relações entre as práticas de GARH, o envolvimento no trabalho e a intenção de rotatividade. **Revista Internacional de Mão de Obra**. v. 42, n. 1, p. 21-50. jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJM-04-2018-0127>. Acesso em: 28 ago.2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Déficit habitacional**. Site Oficial. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/casa-verde-e-amarela/o-que-e-o-deficit-habitacional>. Acesso em: 02 jan. 2023.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de produção**: uma abordagem integrada ao Just-In-Time. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MONTEIRO, P. A. **Aplicação do Lean construction na construção civil**: estudo de caso. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção) - Instituto Politécnico de Tomar, Tomar, Portugal, 2019.

MOSER, L.; DOS SANTOS, A. Aplicando a gestão visual na fabricação de células móveis: um estudo de caso sobre tecnologia de Drywall. *In: CONFERÊNCIA ANUAL DO GRUPO INTERNACIONAL PARA A CONSTRUÇÃO LEAN*. 11., 2023, Virgínia, EUA. **Anais [...]** Virgínia: IGLC, p. 1-9. Disponível em: <https://www.iglc.net/Papers/Details/267>. Acesso em: 05 mai. 2024.

NACARATO, R., **Balanco da construção civil 2023**: confira os dados anuais apresentados pela CBIC, Sienge, 2023. Site Oficial. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/balanco-da-construcao-civil-2023/>. Acesso em: 20 dez. 2023.

NAZARENO, R. R.; SILVA, A. L.; RENTES, A. F. Mapeamento do fluxo de valor para produtos com ampla gama de peças. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. 22., 2003, Ouro Preto, Minas Gerais. **Anais [...]** Ouro Preto: ENEGEP, 2023. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2003_tr0103_0769.pdf. Acesso em: 15 ago. 2024.

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

OHNO, T. **Sistema Toyota de produção**: uma abordagem integrada ao Just-in-time, São Paulo: Productivity Press, 1988.

PEDROSO, M.N.C. A crise do modelo de produção taylorista/fordista e a emergência do Toyotismo. Trabalho de conclusão de curso de especialização em Pensamento Político Brasileiro – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS, 2004.

POLACINSKI, E.; VEIGA, R. S.; SILVA, B. V.; TAUCHEN, J.; PIRES, R. M. Implantação dos 5Ss e proposição de um SGQ para uma indústria de erva-mate. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 71-78, jul. 2013.

Disponível em:

<https://revistas.uepg.br/index.php/admpg/article/view/14018/209209211137>. Acesso em: 08 set. 2024.

PASCAL, D. **Produção Lean simplificada**: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. Tradução Rosalia Angelita Neumann Garcia. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

PASQUALINI, F.; ZAWISLAK, P. A. Mapeamento do fluxo de valor na construção: um estudo de caso em uma construtora brasileira. *In*: CONFERÊNCIA ANUAL DO GRUPO INTERNACIONAL PARA CONSTRUÇÃO LEAN. 13., 2005, Sidney, Austrália. **Anais [...]** Sidney: Grupo Internacional para Construção Lean, 2005. p. 117-125. Disponível em: <https://www.iglc.net/Papers/Details/356>. Acesso em: 13 ago. 2024.

RAMOS, C. F. **Gestão da qualidade**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2019.

RAHMANA, N.A.A; SHARIFB, S.M.; ESAC, M.M. Estudo de caso de Lean Manufacturing com implementação do sistema Kanban. **Revista Economia e Finanças Procedia**, v.7, n.1, p.174-180, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567113002323>. Acesso em: 22 nov.2024.

REINBOLD, A.; SEPPÄNEN, O.; PELTOKORPI, A. O papel da gestão visual digitalizada para capacitar equipes autogerenciadas em projetos de construção. *In*: CONFERÊNCIA ANUAL DO GRUPO INTERNACIONAL PARA CONSTRUÇÃO ENXUTA. 28., 2020, Berkeley, Califórnia. **Anais [...]** Berkeley: Grupo Internacional para Construção Lean, 2020. p. 925-936. Disponível em: <https://www.iglc.net/Papers/Details/1766>. Acesso em: 12 jun. 2024.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social**: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 2007. SANTOS, L. C. Técnicas de coleta de dados: instrumentos de coleta de dados. Disponível em: <www.lcsantos.pro.br/arquivos/Tecnicas_de_Coleta_de_Dados_2_2_022007-104857.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.

REINBOLD, A.; RIEDIGER, N.; POLLOCK, E. Construção enxuta para projetos de habitação acessível. *In*: CONFERÊNCIA ICCCB. 1., 2018, Tampere, Finlândia. **Anais [...]** Tampere: Conferência ICCCB, 2018. p. 1-8. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327438156_Benefits_of_Lean_Construction_to_Affordable_Housing_Projects. Acesso em: 03 jul. 2024.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeamento do fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. 1. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

RUPPENTHAL, J.E.; SOUZA, D.D; MAEDGE, J.R.; SILUK, A.R.; PISANI, A.P.G. Experiências sobre a implementação da filosofia lean em uma obra de condomínio horizontal de interesse social em Santa Maria - RS. **Revista Espacios**, v.36, n.16, p. 4-12, jun. 2015. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a15v36n16/15361604.html>. Acesso em: 02 set.2024

SAIEG, P.; SOLETINO, E. D.; NASCIMENTO, D.; CAIADO, R. G. G. Interações de modelagem de informações de construção, lean e sustentabilidade na indústria de arquitetura, engenharia e construção: uma revisão sistemática. **Revista de Produção Mais Limpa**, v. 174, p. 788-806, fev. 2018. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/320914871_Interactions_of_Building_Information_Modeling_Lean_and_Sustainability_on_the_Architectural_Engineering_and_Construction_industry_A_systematic_review. Acesso em: 10 out. 2024.

SANTORELLA, G. **Cultura Lean para a indústria**: construindo equipes de projeto responsáveis e comprometidas. 2. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2017.

SARHAN, J., XIA, B., FAWZIA, F. KARIM, A. Implementação da construção enxuta na indústria da construção da Arábia Saudita 2017. **Construction Economics and Building**, v. 17 n. 1, p. 46-69. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315961289_Lean_Construction_Implementation_in_the_Saudi_Arabian_Construction_Industry Acesso em: 02 jun.2024.

SCHÖTTLE, A.; HAGSHENO, S.; GEHBAUER, F. Definindo cooperação e colaboração no contexto da construção enxuta. *In*: CONFERÊNCIA ANUAL DO GRUPO INTERNACIONAL PARA CONSTRUÇÃO ENXUTA. 22., 2014, Oslo, Noruega. **Anais [...]** Oslo: Grupo Internacional para Construção Lean, 2014. p. 1269-1280. Disponível em: <https://www.iglc.net/Papers/Details/1000>. Acesso em: 20 jun. 2024.

SKINNARLAND, S.; BØLVIKEN, T. Quando desenvolvemos colaboração, o que exatamente desenvolvemos? *In*: CONFERÊNCIA ANUAL DO GRUPO INTERNACIONAL PARA CONSTRUÇÃO ENXUTA. 31., 2023, Lille, França. **Anais [...]** Lille: Grupo Internacional para Construção Lean, 2023. p. 78–989. doi.org/10.24928/2023/0226. Disponível em: <https://www.iglc.net/Papers/Details/2158>. Acesso em: 02 abr. 2024.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Material de mentoria teórica**. Ponta Grossa: SENAI, 2020.

SHANG, G.; SUI PHENG, L. Barreiras à implementação enxuta na indústria da construção na China. **Revista de Gestão de Tecnologia na China**, v. 9, n. 2, p. 155-173, jul. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280172287_Barriers_to_lean_implementation_in_the_construction_industry_in_China. Acesso em: 15 ago. 2024.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1996.

SINGH, S.; KUMAR, K. Revisão da literatura sobre construção enxuta e ferramentas enxutas usando técnica de revisão sistemática da literatura (2008-2018). **Revista de Engenharia Ain Shams**, v. 11, n. 2, p. 465-471, jun. 2020. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_342_1751_39635.pdf. Acesso em: 10 out. 2024.

SILVA, E. Nível de atividades de agregação de valor em empresas brasileiras de construção de infraestrutura: estudo de 9 casos. *In*: CONFERÊNCIA ANUAL DO GRUPO INTERNACIONAL PARA CONSTRUÇÃO ENXUTA. 26., 2018, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: ICE, v. 2, 2018, p. 1323-1333. Disponível em: <https://www.iglc.net/>. Acesso em: 08 jul. 2024. SOBEK II, D.; DURWARD K, A. **Entendendo o pensamento A3**: um componente crítico do PDCA da Toyota. Porto Alegre: Bookman, 2010.

SOUZA, À. L. C. B. **Estudo da aplicabilidade da teoria das restrições e o mapeamento de fluxo de valor na gestão de processos do núcleo de prática**

jurídica da faculdade de Rondônia-Faro. Dissertação (Mestrado) Engenharia de Produção - Universidade Federal do Amazonas, 2020. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7913>. Acesso em: 17 mar. 2025.

TAYLOR, F. W. **Princípios de administração científica.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 1990.

TAPPING, D.; SHUCKER, T. **Lean office:** gerenciamento do fluxo de valor para áreas administrativas - 8 passos para planejar, mapear e sustentar melhorias lean nas áreas administrativas. 1. ed. São Paulo: Editora Leopardo, 2010.

TEZEL, A.; TAGGART, M.; KOSKELA, L.; TZORTZOPOULOS, P.; HANAHOE, J.; KELLY, M. Construção enxuta e BIM em pequenas e médias empresas (PMEs) na construção: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Canadense de Engenharia Civil**, v. 47, n. 2, p. 186-201, mar. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332050739_Lean_Construction_and_BIM_in_Small_and_Medium-Sized_Enterprises_SMEs_in_Construction_A_Systematic_Literature_Review. Acesso em: 10 out. 2024.

TEZEL, B. A.; AZIZ, Z. **Piloto de implementação de gestão visual/controles visuais:** 5S na construção e manutenção de rodovias. *In:* Repositório da Universidade de Huddersfield, 2016. Disponível em: https://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/29095/1/Visual%20ManagementVisual%20Controls%20Implementation%20Pilot_5S%20in%20Highways%20Construction%20and%20Maintenance.pdf. Acesso em: 22 jul. 2024.

TEZEL, B. A.; AZIZ, Z. Benefícios da gestão visual na construção: casos do setor de transportes na Inglaterra. **Revista Inovação na Construção**, v. 17, n. 2, p. 125-157, abr. 2017. Disponível em: https://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/29095/1/Visual%20ManagementVisual%20Controls%20Implementation%20Pilot_5S%20in%20Highways%20Construction%20and%20Maintenance.pdf. Acesso em: 26 jul. 2024.

TEZEL, B. A.; KOSKELA, L. J.; TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C. T.; ALVES, T. D. Gestão visual nas construtoras brasileiras: taxonomia e diretrizes para implementação. **Revista de Gestão em Engenharia**, v. 31, n. 6, p. 1-13, set. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/276263345_Visual_Management_in_Brazilian_Construction_Companies_Taxonomy_and_Guidelines_for_Implementation. Acesso em: 30 jul. 2024.

TEZEL, B. A.; AZIZ, Z.; KOSKELA, L. J.; TZORTZOPOULOS, P. Condição de gerenciamento visual em projetos de construção de rodovias na Inglaterra. *In:* CONFERÊNCIA ANUAL DO GRUPO INTERNACIONAL PARA CONSTRUÇÃO ENXUTA. 24., 2016, Boston, Massachusetts, EUA. **Anais [...]** Boston: Grupo Internacional para Construção Lean, 2016. p. 133-142. Disponível em: <https://iglc.net/papers/Details/1357>. Acesso em: 16 jul. 2024.

TOMMELEIN, I. D.; EMDANAT, S. Takt planning: um facilitador para construção enxuta. *In:* CONFERÊNCIA ANUAL DO GRUPO INTERNACIONAL PARA CONSTRUÇÃO ENXUTA. 30., 2022, Edmonton, Canadá. **Anais [...]** Edmonton: Grupo Internacional para Construção Lean, 2022. p. 866-877. Disponível em: <https://www.iglc.net/Papers/Details/2014>. Acesso em: 28 jul. 2024.

TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

VALE, H.B., ALVES, L.A. Metodologias ágeis na construção civil e suas diferenças sobre a metodologia cascata tradicional. **Revista Boletim do Gerenciamento**, v. 1, n. 30, p. 12-22, 2022. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/638/420>. Acesso em: 03 abr. 2024

VENTURINI, J.S.; Proposta de ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria. **Revista Manancial**, v. 1, n. 1, p.1-10, jul. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/28927>. Acesso em: 21 out.2024.

WOMACK, J. P. **A máquina que mudou o mundo**: baseado no estudo do Massachusetts Instituto de Tecnologia sobre o futuro do automóvel. 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

YIN, R. K. **O estudo de caso**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZHANG, L.; CHEN, X. Papel das ferramentas Lean no suporte à criação de conhecimento e desempenho em construção Lean. **Revista Engenharia Procedia**, v. 145, p. 1267-1274, abr. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/303398098_Role_of_Lean_Tools_in_Supporting_Knowledge_Creation_and_Performance_in_Lean_Construction. Acesso em: 30 ago. 2024.