



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil



Yasmin Abdo Mansur

O *LEAN CONSTRUCTION* NA ALVENARIA: um estudo sobre a viabilidade do método em uma residência unifamiliar

Ouro Preto
2023

Yasmin Abdo Mansur

O *LEAN CONSTRUCTION* NA ALVENARIA: um estudo sobre a viabilidade do método em uma residência unifamiliar

Trabalho Final de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Engenheiro Civil na Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientador: Prof. D.Sc. Yã Grossi Andrade – UFOP

Área de concentração: Planejamento de obras

Ouro Preto

2023



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,
ADMINISTRAÇÃO E ECON



FOLHA DE APROVAÇÃO

Yasmin Abdo Mansur

O Lean Construction na alvenaria: um estudo sobre a viabilidade do método em uma residência unifamiliar

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de engenheira civil

Aprovada em 26 de maio de 2023

Membros da banca

[D. Sc.] - Yã Grossi Andrade - Orientador(a) - Universidade Federal de Ouro Preto
[D. Sc.] - Fernando Antônio Borges Campos - Universidade Federal de Ouro Preto
[M.Sc] - Gabriel Fernandes Lobo - Universidade Federal de Ouro Preto

Yã Grossi Andrade, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 26/05/2023



Documento assinado eletronicamente por **Yã Grossi Andrade, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 26/05/2023, às 17:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0532604** e o código CRC **04540E88**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram com minha formação e desenvolvimento. Aos meus pais, pelo apoio incondicional. À Hanna e Otávio, por serem família e companheirismo em todos os momentos.

Agradeço, por fim, ao Yã por todo suporte e aprendizado nesta reta final.

RESUMO

O presente trabalho trata do setor da construção civil e a busca pela diminuição de perdas e otimização de recursos, visando agregar valor ao produto final. Interessa-se pelo setor de obras, especificamente as residências unifamiliares e seus projetos singulares. A partir dos conceitos do *Lean Construction*, o qual propõe a redução de perdas e otimização dos processos na construção civil, esta pesquisa investiga a viabilidade da aplicação de princípios da Filosofia *Lean Construction* na alvenaria, aprofundando nas etapas construtivas de chapisco, reboco e pintura de uma residência unifamiliar. A metodologia consiste na comparação de custos, processos, mão de obra e tempo de execução entre o método convencional e o método com a aplicação da filosofia LC para as três etapas construtivas. A pesquisa demonstrou que em todas as etapas é possível observar ganho de tempo com a aplicação da filosofia que foram de 80 a 90%. Porém, ao se considerar a viabilidade financeira na análise, apenas em uma das três etapas - a pintura - o método com princípios do LC se mostrou viável. Isto pois a redução no prazo de execução equivale a sete semanas, quase dois meses de antecipação, considerando um custo adicional de R\$ 2.711,65 (37% a mais em comparação ao método tradicional). Nos processos de chapisco e reboco o aumento no custo foi de 249% e 103%, respectivamente, resultando na inviabilidade da aplicação da filosofia na residência em questão no que diz respeito aos referidos processos. Finalmente, pontua-se a necessidade da análise pormenorizada quanto a demandas financeiras e de prazo de outros processos construtivos, visto que os ganhos de uma podem ser sobrepostos pelas perdas da outra.

Palavras-chaves: *Lean Construction*, Residência Unifamiliar, Viabilidade, Alvenaria.

ABSTRACT

The present study focuses on the construction sector and the pursuit of reducing losses and optimizing resources, aiming to add value to the final product. It is interested in the field of construction, specifically single-family residences and their unique projects. Based on the concepts of Lean Construction, which propose the reduction of losses and optimization of processes in the construction industry, this research investigates the feasibility of applying Lean Construction principles to masonry, delving into the construction stages of roughcast, rendering, and painting in a single-family residence. The methodology involves comparing costs, processes, labor, and execution time between the conventional method and the method applying Lean Construction principles for the three construction stages. The research showed that in all stages, it is possible to observe a time gain with the application of the philosophy, ranging from 80% to 90%. However, when considering the financial viability in the analysis, only in one of the three stages – painting - the method with Lean Construction principles proved to be viable. This is because the reduction in the execution period corresponds to seven weeks, almost two months ahead, considering an additional cost of R\$ 2,711.65 (37% more compared to the traditional method). In the roughcast and rendering processes, the cost increase was 249% and 103%, respectively, resulting in the infeasibility of applying the philosophy to the specific residence regarding these processes. Finally, it is emphasized the need for a detailed analysis regarding the financial and time demands of other construction processes since the gains in one stage can be offset by losses in another.

Keywords: Lean Construction, Single-Family Residence, Feasibility, Masonry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma dos processos do chapisco produzido no canteiro de obras	16
Figura 2 – Fluxograma dos processos do chapisco projetado	16
Figura 3 – Fluxograma dos processos do reboco produzido <i>in loco</i>	20
Figura 4 – Fluxograma dos processos do reboco projetado	20
Figura 5 – Fluxograma dos processos da pintura manual.....	23
Figura 6 – Fluxograma dos processos da pintura mecanizada feita por terceirizada	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Modelo de tabela para apresentação dos valores encontrados para atividades baseadas no TCPO.....	13
Tabela 2 - Modelo de tabela para apresentação dos valores encontrados para atividades baseadas em orçamentos de empresas	13
Tabela 3 – Modelo de tabela para apresentação da comparação entre os valores encontrados para cada método analisado	13
Tabela 4 – Classificação de residências unifamiliares	14
Tabela 5 - Comparativo entre as metodologias de chapisco.....	15
Tabela 6 – Custo do chapisco feito no canteiro e aplicado manualmente.....	17
Tabela 7 – Custo do chapisco projetado	17
Tabela 8 – Comparativo de resultados para o chapisco	18
Tabela 9 – Comparativo entre as metodologias de reboco	19
Tabela 10 – Custo do reboco manual	21
Tabela 11 – Custo do reboco projetado	21
Tabela 12 – Comparativo de resultados para o reboco.....	21
Tabela 13 – Comparativo entre as metodologias de pintura	22
Tabela 14 – Custo da pintura manual	24
Tabela 15 – Custo da pintura mecanizada	24
Tabela 16 – Comparativo de resultados para a pintura.....	25
Tabela 17 – Síntese dos resultados encontrados para custos totais e prazo de execução.....	26
Tabela 18 – Resultados encontrados em % de custo adicional e redução de dias trabalhados com a aplicação da filosofia LC	28
Tabela 19 – Resultados encontrados.....	28

LISTA DE ABREVIações

ABRAINc	Associação brasileira de incorporadoras imobiliárias
LC	<i>Lean Construction</i>
NBR	Norma brasileira
PIB	Produto Interno Bruto
STP	Sistema Toyota de Produção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVO	3
2.1	Objetivos específicos.....	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1	<i>Lean Construction</i>	4
3.2	Aplicações do <i>Lean Construction</i>	7
3.3	O <i>Lean Construction</i> em residências unifamiliares	9
3.4	Processos construtivos	10
4	METODOLOGIA	12
5	ESTUDO DE CASO	14
5.1	Chapisco	15
5.2	Reboco	18
5.3	Pintura	22
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
7	CONCLUSÃO	30
	REFERÊNCIAS.....	31
	APÊNDICE – Orçamentos feitos pela autora em Belo Horizonte/MG em abril de 2023	33
	ANEXO A – Projeto arquitetônico utilizado na pesquisa	34
	ANEXO B – Planta de pilares e quantitativos do projeto estrutural referente ao projeto arquitetônico do ANEXO A.....	36
	ANEXO C – Projeto hidrossanitário referente ao projeto arquitetônico do ANEXO A	38
	ANEXO D – Projeto elétrico referente ao projeto arquitetônico do ANEXO A	40

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, a construção civil desempenha papel de destaque no que diz respeito à evolução da sociedade. É por meio da construção civil que se acompanha, por exemplo, o desenvolvimento de diferentes povos e sociedades, tratando-se, portanto, de atividade extremamente relevante para o progresso socioeconômico (GIAMPIETRO, 2018).

Atualmente, o setor da construção civil é responsável por cerca de 7% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, segundo dados coletados pela Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAINC, 2023). Destaca-se que, em 2022, o setor foi um dos grandes responsáveis pela geração de empregos formais no país, representando 10% do total (ABRAINC, 2023).

Dada a importância que tal setor desempenha na sociedade e na economia, era de se esperar que a otimização dos métodos e processos acompanhasse o desenvolvimento e modernização da sociedade. No entanto, na prática, não é o que se verifica, já que o cenário da construção civil apresenta grandes desperdícios de insumos, atrasos em cronogramas e retrabalhos desnecessários, o que pode ser proveniente da falta de treinamento e mão de obra qualificada, falta de organização de fluxos, processos e materiais (CORREIA, 2018).

A fim de aprimorar tais processos, em meados da década de 1990, Lauri Koskela, baseando-se no Sistema Toyota de Produção, desenvolveu a filosofia do *Lean Construction*, almejando a otimização de obras como um todo, reduzindo processos, custos e desperdícios, além de aumentar a produtividade, agregando valor ao produto final.

A filosofia do *Lean Construction* foi utilizada em obras de pequeno e grande porte, sendo perceptíveis melhoras nos processos de gestão, organização e controle das obras (SOUZA E CABETTE, 2020). No caso das obras de pequeno porte, elas podem ser multifamiliares ou unifamiliares, se limitando a poucos pavimentos. Por exemplo, em obras multifamiliares com quatro pavimentos que aplicaram as ferramentas do LC e conseguiram identificar e controlar as perdas (ALVARENGA, CARVALHO E SPERANZA, 2019). No entanto, pouco se é dito sobre sua aplicação a construções de residências unifamiliares. (COELHO, 2021)

Dito isso, o que se pretende a partir deste estudo é analisar a viabilidade de aplicação da filosofia e dos princípios do *Lean Construction* a processos construtivos de uma residência unifamiliar, ou seja, que tem por finalidade ser a morada de uma única família.

A fim de verificar a viabilidade do referido método a construções de pequeno porte, foram escolhidas três etapas do processo construtivo para análise, são elas, o chapisco, o reboco e a pintura da residência em tela, comparando-se os métodos tradicionais de execução aos métodos que adotam os princípios da filosofia do *Lean Construction*.

Outro ponto a se destacar é a importância do chapisco, reboco e pintura, essenciais na execução da alvenaria e responsáveis por cerca de 2% a 4% do orçamento final de uma obra (FONSECA, CARMO E TAVARES, 2011). Nesse sentido, os objetivos serão explorados na seção 2.

Visando definir a viabilidade do processo, o estudo de caso foi desenvolvido com base nos seguintes critérios: custos, tempo de execução, mão-de-obra e quantidade de processos, destacando-se as vantagens e desvantagens ao fim, seja no método construtivo convencional, seja com a aplicação do *Lean Construction*.

Na seção 3 é feito um compilado da literatura quanto aos temas aqui discutidos, trazendo trabalhos semelhantes ou que possam agregar. Para tanto, ao longo do presente trabalho pretende-se revisitar a literatura pertinente ao *Lean Construction* e suas origens, enumerando os princípios e discutindo a aplicação do método ao setor da construção civil brasileira, a fim de embasar o estudo de caso que se seguirá. A metodologia utilizada, um estudo de caso qualitativo-comparativo em uma residência unifamiliar, será apresentada na seção 4. O desenvolvimento do estudo de caso e os resultados comparativos entre a aplicação da filosofia LC e os métodos tradicionais serão apresentados na seção 5. Na seção 6 serão apresentadas as considerações finais, apontando a viabilidade ou não da utilização de cada método. Ao final, na seção 7, a conclusão do trabalho é apresentada.

2 OBJETIVO

O objetivo geral do presente trabalho é analisar a viabilidade econômica da aplicação de princípios da filosofia *Lean Construction* em etapas construtivas de uma residência unifamiliar.

2.1 Objetivos específicos

Como objetivos específicos, tem-se:

- a) Análise das metodologias construtivas mais viáveis considerando residência unifamiliar.
- b) Análise comparativa entre a execução convencional e quando se aplicam princípios do Lean para três etapas construtivas:
 - Chapisco;
 - Reboco;
 - Pintura.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 *Lean Construction*

Segundo Lauri Koskela, o *Lean Construction*, em tradução livre, “construção enxuta”, se define como uma filosofia de gestão de produção, baseada no Sistema Toyota de Produção (STP), aplicada à construção civil.

O Sistema Toyota de Produção, que também pode ser denominado como *Lean Production*, em tradução livre, “produção enxuta”, tem origem na década de 1950, a partir do modelo de produção adotado nas fábricas de automóveis da referida empresa japonesa, em que se visava a identificação e redução de perdas durante os processos de montagem.

Ohno (1997) define os sete tipos de perdas que um processo pode ter: Superprodução, espera, transporte, processamento, estoque, defeitos e movimentação.

Estes sete tipos de perda são definidos a seguir (RIANI, 2006):

- 1- Superprodução: ao se produzir um volume maior que a demanda naquele momento ocorre uma sobra de material, o qual deverá ser estocado podendo ser deteriorado e aumentando as perdas. Para resolver isso, o *Lean Production* sugere uma produção apenas do necessário naquele momento.
- 2- Espera: a perda por tempo de espera pode ocorrer durante o processo, devido à falta ou atraso de matéria prima para o início do lote, ou ainda pelo operador, quando este fica ocioso assistindo uma máquina em operação. Para eliminação do tempo de espera são propostas ferramentas como o *Kanban*, com o intuito de sincronizar o processo.
- 3- Transporte: a perda pelo transporte é um desperdício de tempo e recursos e ocorre em processos de movimentação que não agregam nenhum tipo de valor, ou seja, são desnecessários. Para solucioná-la é essencial um bom layout da produção de forma a minimizar distâncias e trajetos.
- 4- Processamento: consiste na perda pelo uso de equipamentos de maneira inadequada no que diz respeito à capacidade em desempenhar a operação em

questão. A solução para tal envolve uma adequada utilização de metodologias vinculadas a engenharia.

- 5- Estoque: a perda ocorre na estocagem, seja de matéria prima, produto final ou intermediário, representa a perda de investimento e espaço. Ao diminuir o estoque é essencial trabalhar em consonância ao processo, uma vez que o mesmo estoque é parte importante para evitar a perda por espera, por exemplo. A sincronização dos processos é essencial para eliminar causas que demandam uma necessidade de estoques, além de outras possíveis soluções como uma boa manutenção e preparação de máquinas.
- 6- Defeitos: ao se produzir produtos defeituosos ocorre ali uma perda relacionada ao desperdício de mão de obra, materiais, tempo, estocagem e movimentação. Para evitá-la é essencial um bom controle de qualidade e a adoção de técnicas que visem a sua diminuição.
- 7- Movimentação: consiste na diferença entre trabalho e movimento, quando operadores realizam movimentos desnecessários, seja para seleção de peças ou conferência, de modo a não agregar nenhum tipo de valor ao processo. Para sua eliminação é importante estudar técnicas relacionadas a tempo e métodos e, caso necessário, automatizar processos.

A partir do trabalho desenvolvido pelos engenheiros da Toyota Motors, Taiichi Ohno e Shingeo Shingo (ARANTES, 2008), é possível definir as características básicas do STP, fundadas da necessidade de redução das perdas, quais sejam,

1. Visa à redução de custo através da eliminação total das perdas;
2. Elimina a superprodução através da noção de não-estoque e obtém a redução do custo de mão de obra via utilização mínima da força de trabalho humana – os dois aspectos da produção nos quais ocorrem a maior parte das perdas;
3. Reduz drasticamente os ciclos de produção através do sistema de TRF para atingir o estoque zero, ao praticar a produção em pequenos lotes, a equalização, a sincronização e fluxos de peças unitárias;
4. Pensa a demanda em termos de produção contra pedido. Para que isso seja possível em condições de estoque zero, os problemas são vistos de uma perspectiva baseada nos princípios fundamentais do sistema;
5. Adere firmemente à ideia de que a quantidade produzida deve ser igual à quantidade demandada. (SHINGO, 1996, p.198).

O sistema Toyota de produção tem a ideia básica de eliminação de estoques e outros desperdícios (KOSKELA, 1992). Além disso, o STP traz o conceito de *Just In*

Time (JIT), uma ferramenta muito utilizada, em que “cada processo recebe o item exato necessário, quando ele for necessário, e na quantidade necessária” (OHNO, 1997).

Nessa esteira, em meados da década de 1990, Lauri Koskela desenvolveu o sistema denominado *Lean Construction*, adaptando os princípios de eliminação de perda do STP à construção civil, visando um melhor aproveitamento de recursos e tempo, eliminando eventuais perdas.

Em sua obra denominada *Application of the New Production to Construction*, em tradução livre, “Aplicação da Nova Filosofia de Produção à Construção”, baseando-se nos sete tipos de perda retromencionados, Koskela (1992) tratou de definir onze princípios do *Lean Construction*, os quais serão brevemente apresentados a seguir:

- 1- Redução das parcelas de atividade que não agregam valor: uma atividade sem valor agregado, que também pode ser chamado de desperdício, pode ser o ato de transporte de um material, tempo de espera, dentre outras. Para sua redução, é importante um conhecimento de todo o processo.
- 2- Aumento do valor de produção de acordo com os requisitos do cliente: O cumprimento de exigências do cliente faz com que haja um aumento da satisfação e, conseqüentemente, do valor agregado.
- 3- Redução da variabilidade: também pode ser denominada redução da incerteza, aumento da previsibilidade. É alcançada pela padronização de processos e procedimentos do fluxo.
- 4- Redução do tempo de ciclo: ganhos com a redução de tempo de ciclo podem gerar melhorias em custo, qualidade, planejamento, entre outros.
- 5- Simplificar um processo reduzindo o número de etapas ou partes: consiste na diminuição de componentes em um fluxo de material, seja utilizando elementos pré-fabricados, equipes versáteis, dentre outros.
- 6- Aumento da flexibilidade de saída: alcançado com a customização tardia no processo, minimizando tamanho dos lotes ou treinando uma mão de obra multiquificada.
- 7- Aumento da transparência do processo: com um processo de produção mais transparente e observável é possível facilitar seu controle e sua melhoria.

- 8- Foco do controle no processo global: o processo deve ser medido de maneira holística e deve ser adotado um proprietário geral para tal, responsável pelo processo como um todo.
- 9- Introdução da melhoria contínua ao processo: a atividade de avaliar os processos levantando pontos de melhoria com a redução de desperdício e aumento de valor deve ser realizada de maneira contínua.
- 10-Equilíbrio entre melhorias do fluxo e de conversão: trata-se de analisar o que pode ser melhorado nos processos buscando um equilíbrio entre conversões e melhorias, visto que fluxos melhores vão demandar uma menor capacidade de conversão, conseqüentemente um investimento menor, além de funcionar como um facilitador para implementação de tecnologias de conversão.
- 11-*Benchmarking* (referenciais): com um bom conhecimento dos processos internos é possível analisar boas práticas de outras empresas de forma a aplicá-las internamente, mesmo que com adaptações. A capacidade de filtrar para implementar algo externo, incorporando, modificando ou mesmo copiando o que possa vir a ser útil.

3.2 Aplicações do *Lean Construction*

O objetivo do presente tópico é demonstrar a aplicação do *Lean Construction* em obras e empresas com características distintas. Inicialmente, será apresentado um estudo realizado em uma obra de pequeno porte multifamiliar com quatro residências, sendo uma por andar; em seguida, uma construtora de pequeno porte e, finalmente, uma obra de pequeno porte com a aplicação de técnicas do *Lean*.

Alvarenga, Carvalho e Speranza (2019) analisaram a aplicação das ferramentas 5S, cinco porquês e diagrama spaguetti, assimiladas, por eles, ao *Lean Construction*, na construção civil. A obra estudada, considerada de pequeno porte, foi um edifício multifamiliar de quatro pavimentos (uma unidade por andar) na cidade do Rio de Janeiro. As ferramentas estudadas foram aplicadas em diferentes etapas da obra com o objetivo de identificar as perdas. O diagrama spaguetti, que analisa um operário em uma atividade específica por um determinado período de tempo, foi aplicado ao serviço de concretagem de um piso no pavimento térreo. Após a análise

conclui-se que 49% das atividades do funcionário não agregaram valor e 29% das atividades eram perdas, ou seja, apenas 22% das atividades agregavam algum tipo de valor. Com a aplicação da ferramenta dos 5 porquês foi observado que não há um local específico para armazenar materiais e uma forma de resolver isso foi sugerindo a aplicação do 5S à obra. Por fim, as perdas foram identificadas e classificadas de acordo com o STP. Os autores concluíram que a aplicação do pensamento enxuto na construção civil é viável, apesar da resistência encontrada em algumas empresas.

Souza e Cabette (2020) estudaram a aplicação do *Lean Construction* na empresa SLJ Construtora e Incorporadora Ltda., localizada na cidade de Cachoeira Paulista/SP, por meio de diálogos e entrevistas informais com os funcionários da empresa, aplicação de questionário e visitas técnicas. No processo, além de procurarem saber se os funcionários tinham conhecimento da metodologia, esta foi explicada e aplicada à obra. As visitas periódicas foram necessárias para verificação da aplicação e dos resultados. Ao fim, o questionário foi aplicado ao gestor da obra com o intuito de apurar as consequências e ganhos da pesquisa. Como resultado, os autores concluíram que houve uma diferença entre a situação da obra antes da pesquisa e no fim desta. Foi notada uma melhora na desenvoltura e interesse dos funcionários, na organização da obra, dos materiais e processos como um todo, garantindo, assim, o sucesso da obra.

Salvador (2013) estudou a viabilidade de se aplicar conceitos do *Lean Construction* a obras de pequeno porte. O estudo tem um foco maior em três técnicas do *Lean*, o *Just-in-time*, *Last Planner Sistem* e 5S, sendo cada uma delas focada em uma das variáveis de tempo, planejamento e organização, respectivamente. Para a obtenção dos resultados foi estudada a aplicação das técnicas entrevistando profissionais que trabalham na área de obras de pequeno e médio porte. Como resultado, o autor encontra que é possível implementar as ferramentas analisadas no setor de obras de pequeno porte desde que sejam feitas adequações às particularidades do nicho. Um outro ponto de destaque da pesquisa é o envolvimento com diferentes agentes para que a aplicação das técnicas seja viável. Para o *Just-in-time*, o engenheiro responsável tem um papel fundamental. No caso do LPS, cabe ao mestre de obras a responsabilidade de executar o sistema. Já para a aplicação do 5S se faz necessário que os operadores se esforcem e utilizem o conceito na prática.

Assim, percebe-se que a aplicação do *Lean* em construtoras e obras de pequeno porte se mostra viável e eficiente, apontando as perdas de processos e melhorando a organização e gestão, mesmo que para isso sejam necessárias algumas adaptações por parte da empresa e de seus funcionários quanto ao modo de agir. Cabe ressaltar, ainda, que os autores supracitados almejavam investigar aplicações mais voltadas aos processos de gestão, os quais podem, ou não, influenciar as etapas executivas de obras, como é retratado por Salvador (2013) ao analisar ferramentas do LC.

3.3 O *Lean Construction* em residências unifamiliares

No tópico atual serão abordados casos da aplicação do *Lean* em residências unifamiliares, de maneira mais direcionada às etapas executivas de obras, em oposição à gestão, apresentada anteriormente. Serão apresentados casos com os ganhos da aplicação do LC em diferentes etapas construtivas, evidenciando os benefícios desta filosofia.

Moraes *et al.* (2021) estudaram a aplicação da filosofia *Lean Construction* na obra de uma residência unifamiliar de 96,4 m² no estado de Goiás para as atividades de pintura, contrapiso, assentamento de piso e calçada. Quando a pesquisa se iniciou a obra estava na fase de reboco, o que justifica a escolha das atividades em questão. Com base nos onze princípios do *Lean*, definidos por Koskela, foram estudadas as adaptações dos serviços de forma a visar uma maior eficiência. Destaca-se aqui o processo de pintura em que foram aplicados métodos manuais para dois cômodos específicos enquanto para dois outros cômodos com áreas similares foram aplicados princípios do *Lean* ao se utilizar um rolo para o emassamento, uma lixadeira elétrica e uma pistola *airless* para a pintura propriamente dita. Como resultado foi encontrado um rendimento, mensurado em m²/hora, 50% superior com a aplicação da filosofia na etapa de pintura. Os resultados encontrados para as demais atividades analisadas também foram satisfatórios à utilização dos princípios do *Lean*.

Bicalho (2022) estudou a viabilidade de se aplicar os princípios do *Lean Construction* às etapas de concretagem, fechamento interno, fechamento externo, contrapiso e piso de uma residência unifamiliar. Para tal, o autor analisou o custo e a

mão de obra entre os processos feitos manualmente e aplicando-se traços da filosofia. O contrapiso foi a única das cinco atividades em que a aplicação do *Lean* não se mostrou como a mais viável.

Os autores referenciados mostram que a aplicação da filosofia nas etapas construtivas de residências unifamiliares é válida, a depender dos critérios analisados. Moraes *et al.* (2021) mostram a eficiência dos 11 princípios de Koskela (1992), porém, o estudo apresenta uma carência de dados em relação aos custos. Já Bicalho (2022) analisa valores para etapas específicas, e o custo final impacta diretamente na viabilidade da aplicação da filosofia. Com relação ao tempo de execução, quando analisado individualmente, o LC sempre apresenta um resultado superior ao método convencional.

3.4 Processos construtivos

Este tópico tem como propósito apresentar trabalhos a respeito dos processos construtivos de chapisco, reboco e pintura - que serão estudados neste trabalho - destacando a aplicação de princípios da construção enxuta em sua execução. Já que estes são responsáveis por cerca de 2% a 4% do orçamento final de uma obra.

Para tanto, serão explorados os processos de chapisco, reboco e pintura, por se tratarem de etapas que demandam mão de obra especializada para que atinjam os padrões de qualidade desejáveis. Para além da mão de obra especializada, os três processos mencionados demandam também significativa quantidade de tempo no cronograma final da obra, podendo inclusive gerar retrabalho quando não executados com excelência, o que poderia ser evitado com a filosofia LC.

Fonseca, Carmo e Tavares (2015) analisaram a utilização do sistema mecanizado de projeção para argamassas em substituição ao manual para as atividades de chapisco, emboço e reboco na região de Governador Valadares (MG). O trabalho visou a comparação da produtividade entre manual e mecanizado e a avaliação do custo do equipamento e tempo de retorno do investimento. Ao fim da pesquisa foram levantados os benefícios da implementação de máquinas para execução da atividade e a viabilidade de empresas adquirirem cada uma para uso próprio, considerando a argamassa a ser utilizada (moldada *in loco* ou industrializada)

e a demanda de trabalho. Para o sistema de bomba de argamassa se faz necessário um operador treinado, uma alta demanda e um bom planejamento para que a produtividade não seja afetada por falhas no processo, como a falta de andaimes montados.

Cardoso, Carvalho e Garcia (2017) compararam a execução da pintura feita manualmente com o método mecanizado quanto à produtividade e qualidade. Para o estudo foram considerados dois apartamentos de mesma área e, em cada um deles, foi feito o processo de preparação da superfície em gesso com a aplicação de selador, emassamento, regularização da superfície com lixamento e pintura. A diferença foi que, no primeiro, todos os processos foram manuais, enquanto que no segundo o lixamento e a pintura foram mecanizados, utilizando lixadeira elétrica e pistola de pintura *airless*, respectivamente. Ao fim do estudo os resultados indicaram uma redução no tempo de execução e na quantidade de material utilizado no caso do método mecanizado, além de um melhor acabamento final.

Tais estudos mostraram que a mecanização das etapas de chapisco e reboco é viável, porém com um foco maior em construtoras, uma vez que Fonseca, Carmo e Tavares (2015) analisaram a viabilidade financeira de se adquirir o maquinário necessário para o processo. Já Cardoso, Carvalho e Garcia (2017) estudaram os insumos necessários para a pintura e o tempo de execução do método ao se aplicar os princípios da filosofia LC, destacando ainda a qualidade da execução.

Os estudos apresentam a eficácia da aplicação do *Lean Construction* na construção civil e em residências unifamiliares. Apesar disso, a viabilidade é um ponto de atenção pois nem sempre este é o método mais vantajoso, visto que os custos podem não compensar os ganhos em execução, se tornando um ponto de atenção aos construtores e/ou proprietários.

4 METODOLOGIA

Em termos metodológicos, o presente trabalho é um estudo de caso qualitativo-comparativo, na medida em que se almeja verificar a viabilidade da aplicação do *Lean Construction* em obras de residências unifamiliares.

As etapas de chapisco, reboco e pintura são essenciais ao se utilizar da alvenaria convencional, a qual é mais comumente utilizada no Brasil. Além disso, estas etapas são responsáveis por cerca de 2% a 4% do orçamento final de uma obra (FONSECA, CARMO E TAVARES, 2011). Isto posto, surge a motivação para investigar e comparar os métodos manuais convencionais aos princípios da filosofia LC para diferentes etapas construtivas, analisando-se a viabilidade econômica de cada método para a construção de uma residência unifamiliar.

Para o desenvolvimento do presente estudo, serão utilizados os projetos arquitetônico, elétrico, hidrossanitário e estrutural desenvolvidos por Gabriel Bicalho (2022) com a utilização dos softwares AutoCad, QiBuilder e Eberick. Os projetos se encontram no Anexo deste trabalho. Os quantitativos de chapisco foram retirados do projeto arquitetônico, bem como de reboco e pintura.

BICALHO (2022) fez uma comparação entre o método convencional e a aplicação de princípios do *Lean Construction* para alguns métodos construtivos considerando custo, mão de obra e benefícios de cada um.

Visando quantificar e comparar os resultados de cada etapa, será utilizada a Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO) 15ª Edição, de 2017, uma das principais referências de custos da engenharia civil no país. Além disso, foram considerados orçamentos realizados na cidade de Belo Horizonte no ano de 2023, com três diferentes fornecedores para cada atividade, contatados por telefone para a pesquisa de preços. Os resultados serão apresentados em tabelas de forma a facilitar a visualização.

Para a análise do tempo necessário em cada atividade, as horas trabalhadas serão convertidas em dias trabalhados de acordo com o setor de construção civil.

Para a apresentação dos resultados serão utilizadas tabelas conforme os modelos apresentados a seguir, da Tabela 1 à Tabela 3.

Tabela 1 – Modelo de tabela para apresentação dos valores encontrados para atividades baseadas no TCPO

Descrição da atividade analisada				
Quantidade total	Quantidade levantada conforme projeto			
Código TCPO	Código retirado do TCPO			
Descrição dos insumos	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Insumo 1	h			
Insumo 2	h			
Insumo 3	m ³			
Total	-	-	-	

Fonte: Adaptado de BICALHO (2022).

Tabela 2 - Modelo de tabela para apresentação dos valores encontrados para atividades baseadas em orçamentos de empresas

Descrição da atividade analisada				
Quantidade total	Quantidade levantada conforme projeto			
Descrição dos insumos	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Insumo 1	h			
Insumo 2	h			
Insumo 3	m ³			
Total	-	-	-	

Fonte: Adaptado de BICALHO (2022).

Tabela 3 – Modelo de tabela para apresentação da comparação entre os valores encontrados para cada método analisado

Comparação entre os métodos analisados			
Descrição	M.O. 1 (h.H.)	M.O. 2 (h.H.)	Preço Total
Método 1			
Método 2			

Fonte: Adaptado de BICALHO (2022).

5 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será apresentado o estudo de caso comparando os processos construtivos convencionais com a aplicação da filosofia *Lean Construction*, bem como o custo de cada um, as vantagens e os resultados encontrados no trabalho.

A residência unifamiliar utilizada possui uma área total de 198,63 m² divididos em dois pavimentos. O térreo possui 153,3 m² e o segundo pavimento 45,33 m². O layout do projeto, disponível no ANEXO 1, faz com que o projeto se classifique como Residência Padrão Normal (R1-N), de acordo com a NBR 12721:2006 e conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação de residências unifamiliares

Residência Unifamiliar		
Residência padrão baixo (R1-B)	Residência padrão normal (R1-N)	Residência padrão alto (R1-A)
Residência composta de dois dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque.	Residência composta de três dormitórios, sendo um suíte com banheiro, banheiro social, sala, circulação, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda (abrigo para automóvel).	Residência composta de quatro dormitórios, sendo um suíte com banheiro e closet, outro com banheiro, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço completa e varanda (abrigo para automóvel).
Área real: 58,64 m²	Área real: 106,44 m²	Área real: 224,82 m²

Fonte: BICALHO (2022).

O processo construtivo brasileiro convencional consiste na execução de chapisco feito *in loco* e aplicado manualmente, reboco feito *in loco* e aplicado

manualmente e pintura aplicada manualmente, todos estes usando apenas ferramentas manuais para a execução. A seguir, cada item será destrinchado em processo executivo, comparando o convencional com a aplicação de princípios do *Lean Construction*, precificação das etapas e comparação dos resultados.

A carga horária semanal do setor de construção civil é de 44 horas, normalmente distribuídas de segunda à sexta, sendo 9h diárias de segunda à quinta e 8h diárias na sexta-feira. Para fins desse estudo está sendo utilizado um dia de trabalho com 7,5h. Isso porque estão sendo consideradas perdas previstas e não previstas. Por exemplo, às 7h, apesar de se iniciar o expediente, as atividades ainda não se iniciaram de fato. Atrasos por parte dos colaboradores também entram nesta conta, além de, ao fim do expediente, ser necessária uma pausa de alguns minutos antes das 17h para organização e limpeza das ferramentas e do local de trabalho. Ademais, imprevistos de toda sorte devem ser considerados.

5.1 Chapisco

De acordo com a NBR 13529 o chapisco é uma camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento. Convencionalmente a massa é feita *in loco* utilizando-se areia, cimento e água. Aplicando-se os conceitos do LC é possível executar o chapisco de forma projetada, com uma máquina própria para isso e uma equipe própria, ou seja, é um serviço terceirizado.

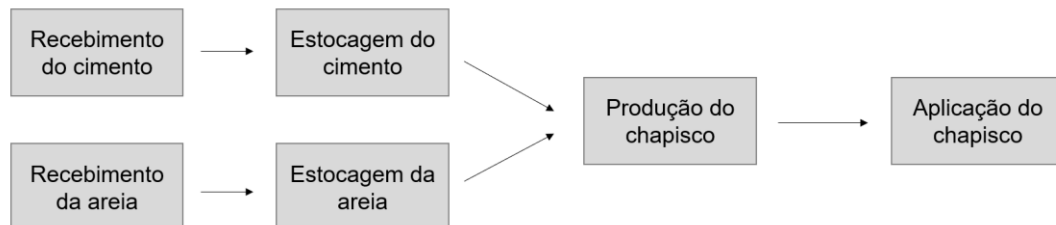
Tabela 5 - Comparativo entre as metodologias de chapisco

Método tradicional	Modificação com traços do <i>Lean Construction</i>	Possíveis vantagens
Chapisco produzido no canteiro de obras e aplicado com bucha ou rolo	Chapisco produzido com argamassa industrializada em máquina própria para aplicação de maneira projetada	Redução do estoque de cimento e areia; Diminuição de processos que não agregam valor; Diminuição do tempo de aplicação.

Fonte: Elaborado pelos autores.

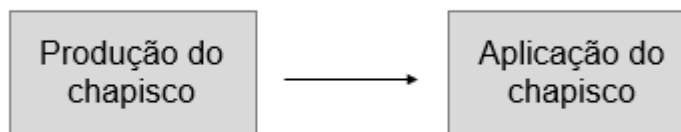
A seguir são apresentados dois fluxogramas descrevendo os processos apresentados na Tabela 5.

Figura 1 – Fluxograma dos processos do chapisco produzido no canteiro de obras



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2 – Fluxograma dos processos do chapisco projetado



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quando se compara os fluxogramas apresentados na Figura 1 e na Figura 2 percebe-se uma grande diminuição no número de processos envolvidos. Por se tratar de uma atividade terceirizada, além de não demandar mão de obra, o chapisco projetado também não demanda a estocagem do material a ser utilizado, bem como o recebimento e organização deste. Estas etapas ficam a encargo da empresa contratada e contribuem para a organização do canteiro como um todo.

No que tange aos valores envolvidos em cada um dos métodos, é possível observar na Tabela 6 o custo de se produzir o chapisco na obra e aplicar manualmente. Enquanto que na Tabela 7 estão apresentados os valores para a contratação de uma empresa especializada na aplicação do chapisco projetado e o material necessário.

Tabela 6 – Custo do chapisco feito no canteiro e aplicado manualmente

Chapisco para parede interna ou externa com argamassa de cimento e areia traço 1:3 - m²				
Quantidade total (m²)	937,02			
Código TCPO	3R 10 11 10 00 00 00 05 05			
Descrição dos insumos	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,1	R\$ 9,70	R\$ 908,91
Servente	h	0,1	R\$ 6,17	R\$ 578,14
Argamassa de cimento e areia traço 1:3	m ³	0,005	R\$ 319,77	R\$ 1.498,15
Total	-	-	-	R\$ 2.985,21

Fonte: Elaborado pelos autores.

O quantitativo total foi calculado de acordo com o projeto arquitetônico apresentado no ANEXO após um levantamento da área de alvenaria. Para a área de aplicação do chapisco a área de alvenaria foi multiplicada por dois, considerando-se as duas faces da alvenaria.

Tabela 7 – Custo do chapisco projetado

Chapisco para parede interna ou externa com argamassa de cimento e areia traço 1:3 - m²				
Quantidade total (m²)	937,02			
Descrição dos insumos	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Aplicação de chapisco projetado (terceirizada)	m ²	1	R\$ 8,00	R\$ 7.496,16
Argamassa de cimento e areia para máquina	kg	2,5	R\$ 1,25	R\$ 2.916,47
Total	-	-	-	R\$ 10.412,63

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Tabela 8 é apresentada a comparação entre os dois procedimentos de chapisco analisados.

Tabela 8 – Comparativo de resultados para o chapisco

Comparação entre os métodos analisados			
Descrição	Pedreiro (h.H.)	Ajudante (h.H.)	Preço Total
Chapisco manual	93,70	93,70	R\$ 2.985,21
Chapisco projetado	-	-	R\$ 10.412,63

Fonte: Elaborado pelos autores.

No que diz respeito ao tempo de obra, o método manual demanda um total de 12,5 dias, enquanto o processo mecanizado demanda no máximo 3 dias, de acordo com a empresa especializada. Porém, ao se analisar o custo de cada método de chapisco, percebe-se que há um aumento significativo no valor quando se aplica princípios da filosofia LC, da ordem de 249%. Logo, apesar das vantagens que o chapisco projetado apresenta, pode-se concluir que a aplicação do método é inviável para a residência unifamiliar analisada devido ao alto valor agregado.

5.2 Reboco

De acordo com a NBR 13529 (novembro de 1995) o emboço é a camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final. Já o reboco é a camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final, segundo a mesma norma (NBR 13529).

Na prática, pode-se utilizar as três camadas na alvenaria - chapisco, emboço e reboco – afim de prepará-la para a etapa de pintura, porém, um método muito utilizado é o reboco paulista. Neste, o emboço e o reboco se unem em uma só camada. O método é amplamente difundido e utilizado pelas empresas que aplicam chapisco e

reboco projetado. Dessa forma, a diferença entre a superfície que receberá pintura ou revestimento se dá apenas no acabamento final do reboco, sendo que no caso de receber o revestimento o acabamento não demanda a mesma qualidade que para receber a pintura.

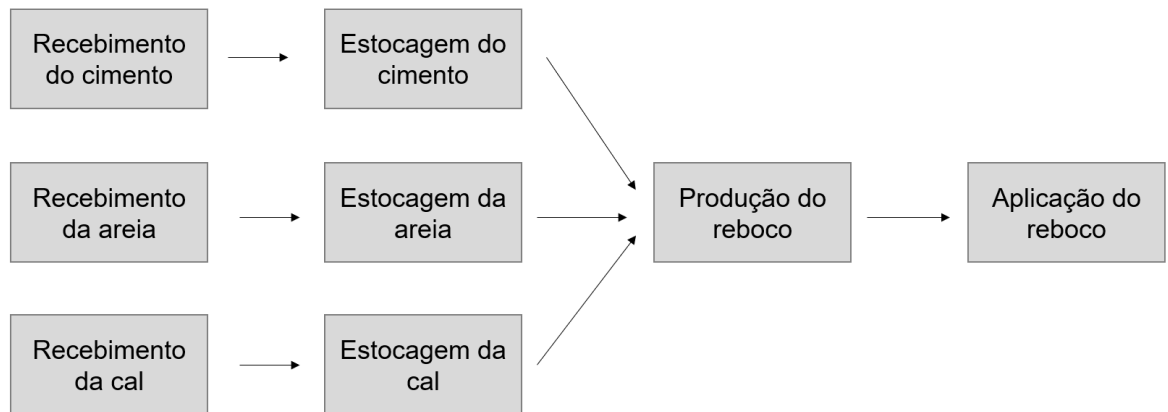
Tabela 9 – Comparativo entre as metodologias de reboco

Método tradicional	Modificação com traços do <i>Lean Construction</i>	Possíveis vantagens
Reboco produzido no canteiro de obras, aplicado manualmente e nivelado com régua	Reboco produzido com argamassa industrializada em máquina própria e aplicado de maneira projetada, nivelado com régua	Redução do estoque de areia e cal; Diminuição de processos que não agregam valor; Diminuição do tempo de aplicação.

Fonte: Elaborado pelos autores.

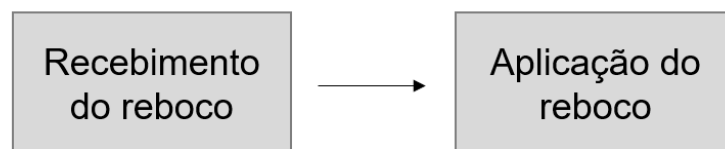
Convencionalmente o reboco é feito no canteiro e aplicado manualmente. Posteriormente, a superfície é regularizada com o auxílio de uma régua própria para tal. Com a aplicação de princípios do *Lean Construction* tem-se um reboco que utiliza argamassa usinada e é aplicado de maneira projetada, sendo regularizado manualmente. A diferença na aplicação faz com que se tenha um ganho na agilidade e, conseqüentemente, no tempo de execução, após reduzir perdas durante o processo. O Fluxograma dos dois métodos é apresentado nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Fluxograma dos processos do reboco produzido *in loco*



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 4 – Fluxograma dos processos do reboco projetado



Fonte: Elaborado pelos autores.

A redução dos processos é notável quando se aplicam os conceitos do LC. Por se tratar de uma atividade terceirizada, além de não ter mão de obra própria envolvida, o reboco mecanizado dispensa a estocagem de material, uma vez que a argamassa utilizada é usinada. A seguir são apresentados os custos envolvidos em cada método.

Tabela 10 – Custo do reboco manual

Reboco para parede interna ou externa esp.: 3 cm com argamassa de cal hidratada e areia peneirada traço 1:2 - m²				
Quantidade total (m²)	937,02			
Código TCPO	3R 10 11 12 00 00 00 05 05			
Descrição dos insumos	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,5	R\$ 9,70	R\$ 4.544,55
Servente	h	0,5	R\$ 6,17	R\$ 2.890,71
Argamassa de cal hidratada e areia peneirada traço 1:2	m ³	0,03	R\$ 411,08	R\$ 11.555,71
Total	-	-	-	R\$ 18.990,96

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 11 – Custo do reboco projetado

Reboco para parede interna ou externa esp.: 3 cm com argamassa de cal hidratada e areia peneirada traço 1:2 - m²				
Quantidade total (m²)	937,02			
Descrição dos insumos	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Aplicação de reboco projetado (terceirizada)	m ²	1	R\$ 27,00	R\$ 25.299,54
Argamassa usinada para reboco projetado	m ³	0,029	R\$ 490,00	R\$ 13.230,00
Total	-	-	-	R\$ 38.529,54

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Tabela 12 é apresentada a comparação dos resultados encontrados.

Tabela 12 – Comparativo de resultados para o reboco

Comparação entre os métodos analisados			
Descrição	Pedreiro (h.H.)	Ajudante (h.H.)	Preço Total
Reboco manual	468,51	468,51	R\$ 18.990,96
Reboco projetado	-	-	R\$ 38.529,54

Fonte: Elaborado pelos autores.

Enquanto o reboco manual demanda uma média de 62,5 dias para sua aplicação, considerando um pedreiro e um ajudante, o reboco projetado tem uma produtividade de 120 m²/dia, ou seja, aplicando os princípios da filosofia LC o reboco seria concluído em 8 dias, totalizando 54,5 dias a menos que o método convencional. Porém, ao analisar os custos encontrados, conclui-se que há um aumento de 103% com a utilização do reboco projetado.

Apesar das vantagens que a utilização do método com princípios do *Lean Construction* traz para a residência unifamiliar em questão conclui-se a inviabilidade de sua utilização devido ao aumento considerável no valor.

5.3 Pintura

De acordo com a NBR 13245 de 2011 um sistema de pintura consiste na adequada combinação entre fundo, massa e acabamento. Convencionalmente a pintura é aplicada com a utilização de um rolo, que pode ser de diversos materiais, a depender do tipo de superfície que receberá o pigmento. Aplicando conceitos da filosofia *Lean Construction* é possível que a pintura seja feita de maneira mecânica com a utilização de uma pistola *airless*. A comparação dos modelos e as possíveis vantagens são apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 – Comparativo entre as metodologias de pintura

Método tradicional	Modificação com traços do <i>Lean Construction</i>	Possíveis vantagens
A tinta é preparada e aplicada manualmente, com o auxílio de um rolo de pintura	A tinta é preparada e aplicada com um pulverizador, mecanicamente.	Redução do tempo de produção, redução da variabilidade e redução de partes envolvidas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O fluxograma com os processos da pintura manual é apresentado na Figura 5. Para a pintura mecanizada, que é feita por uma empresa terceirizada, o fluxograma é apresentado na Figura 6.

Figura 5 – Fluxograma dos processos da pintura manual



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 6 – Fluxograma dos processos da pintura mecanizada feita por terceirizada



Fonte: Elaborada pela autora.

Percebe-se que não há uma redução dos processos com a aplicação dos princípios da filosofia LC, porém, por se tratar de um serviço prestado por empresa terceirizada, a mão de obra envolvida na realização destes não será própria nas fases de preparação e aplicação. Ademais, o ganho de tempo é significativo e será discutido adiante.

Na Tabela 14 é trazido o custo da pintura manual, enquanto na Tabela 15 são levantados os custos da pintura mecanizada executada por empresa terceirizada.

Tabela 14 – Custo da pintura manual

Pintura com tinta látex PVA em parede interna, sem massa corrida (duas demãos) - m²				
Quantidade total (m²)	780,22			
Código TCPO	3R 10 97 00 00 00 00 29 05			
Descrição dos insumos	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Ajudante de pintor	h	0,35	R\$ 7,95	R\$ 2.170,96
Pintor	h	0,4	R\$ 8,88	R\$ 2.771,34
Selador base PVA para pintura látex	l	0,12	R\$ 6,57	R\$ 615,13
Tinta látex PVA fosca	l	0,17	R\$ 11,64	R\$ 1.543,90
Lixa grana 100 para superfície madeira / massa	un	0,25	R\$ 0,76	R\$ 148,24
Total	-	-	-	R\$ 7.249,57

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 15 – Custo da pintura mecanizada

Pintura com tinta látex PVA em parede interna, sem massa corrida (duas demãos) - m²				
Quantidade total (m²)	780,22			
Descrição dos insumos	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Selador base PVA para pintura látex	l	0,12	R\$ 6,57	R\$ 615,13
Tinta látex PVA fosca	l	0,17	R\$ 11,64	R\$ 1.543,90
Aplicação de tinta com compressor - incluso lixamento (terceirizada)	m ²	1	R\$ 10,00	R\$ 7.802,20
Total	-	-	-	R\$ 9.961,22

Fonte: Elaborado pelos autores.

A mão de obra e a comparação dos valores é apresentada na Tabela 16.

Tabela 16 – Comparativo de resultados para a pintura

Comparação entre os métodos analisados			
Descrição	Pintor (h.H.)	Ajudante de pintor (h.H.)	Preço Total
Pintura manual	312,09	273,08	R\$ 7.249,57
Pintura mecanizada	-	-	R\$ 9.961,22

Fonte: Elaborado pelos autores.

No que tange ao tempo envolvido, ao analisar os resultados encontrados percebe-se que a aplicação mecanizada tem uma média de produtividade de 100 m²/dia. Com o método manual são necessários 41,5 dias de pintor e 36,5 dias de ajudante de pintor, enquanto para o mecanizado são necessários 8 dias, ou seja, há um ganho de 34 dias no prazo de obra com a aplicação da filosofia LC. Com relação aos custos, há um aumento de 37% com a aplicação de conceitos do *Lean Construction* no processo de pintura da residência. Apesar do aumento de 37% no valor final quando se aplicam princípios do Lean a adoção deste método se mostra eficaz quando se considera o ganho de dias envolvidos no processo e, assim, essa se torna a opção mais viável.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta seção serão reforçados os resultados da utilização ou não de princípios da filosofia *Lean Construction* para os processos de chapisco, reboco e pintura para a residência unifamiliar estudada, considerando a viabilidade financeira e o prazo de execução.

O *Lean Construction* visa a otimização dos processos reduzindo as perdas e trazendo ganhos para a construção civil. Como demonstrado, o primeiro ganho foi a redução de etapas nos processos de chapisco e reboco. Já para a pintura, os processos se mantiveram os mesmos. Porém, ainda que os processos sejam diferentes, foram estudados os custos envolvidos para os ganhos provenientes da redução de perdas.

A Tabela 17 sintetiza os resultados apresentados na seção anterior dos três processos construtivos, evidenciando os métodos tanto manual quanto mecanizado, sendo o mecanizado aquele que utiliza da filosofia LC. A partir desses resultados, será realizada uma análise comparativa concluindo pela viabilidade de aplicação de um método para cada processo.

Tabela 17 – Síntese dos resultados encontrados para custo unitário, total e prazo de execução

Processo	Método	Custo por m ²	Custo total	Prazo de execução total (dias)
Chapisco	Manual	R\$ 3,19	R\$ 2.985,21	12,5
	Mecanizado	R\$ 11,11	R\$ 10.412,63	3
Reboco	Manual	R\$ 20,27	R\$ 18.990,96	62,5
	Mecanizado	R\$ 41,12	R\$ 38.529,54	8
Pintura	Manual	R\$ 9,29	R\$ 7.249,57	42
	Mecanizado	R\$ 12,77	R\$ 9.961,22	8

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o processo do chapisco, o tempo de execução ao aplicar os princípios da filosofia teve uma diminuição de 80%, o que representa 9,5 dias a menos do que

quando se utiliza o método manual. Em contrapartida, houve um aumento no custo de 249%. Assim, apesar da redução significativa no tempo de execução do chapisco, a aplicação dos princípios do *Lean Construction* não se torna viável devido ao aumento significativo no custo desta etapa.

Para o processo do reboco, a aplicação da filosofia se mostrou eficiente na redução do tempo de execução, pois enquanto o serviço manual demanda 62,5 dias, a aplicação do *Lean* ocorre em apenas 8 dias, ou seja, uma redução de 88% no tempo total. Por outro lado, apesar do ganho no tempo, o custo para tal agilidade é 103% superior ao método manual. Deste modo, apesar do ganho no tempo de execução do reboco, a aplicação dos princípios do LC não se torna viável devido ao aumento significativo no custo desta etapa.

Para o processo da pintura, a aplicação do método mecanizado trouxe um ganho de tempo de 81% quando comparado ao método manual, ou seja, uma redução de 42 para 8 dias. A pintura é um dos últimos processos construtivos de uma residência e por estar na fase final da obra, pode ter ocorrido imprevistos gerando um atraso de cronograma e pressões para entrega da residência. Assim, um ganho de 34 dias úteis, equivalente a sete semanas, o que corresponde a quase dois meses, pode ser uma escolha viável, considerando um custo adicional de R\$ 2.711,65 (37% a mais em comparação ao método tradicional).

Logo, dos três processos construtivos analisados, mesmo tendo os ganhos de agilidade, dois destes não se mostraram viáveis financeiramente. Na Tabela 18 os resultados encontrados nesta pesquisa são apresentados de forma visual. Em vermelho estão destacados os processos em que a aplicação da filosofia foi inviável devido ao aumento de custo considerável, enquanto em verde é destacado o processo em que a aplicação da filosofia pode ser uma opção viável visto que os custos para os ganhos em agilidade são interessantes. Na última coluna ainda é apresentada a diferença, em dias trabalhados, ao se aplicar os princípios do LC para cada processo.

Tabela 18 – Resultados encontrados em % de custo adicional e redução de dias trabalhados com a aplicação da filosofia LC

Processo	Custo adicional pela redução de prazo com a aplicação da filosofia LC	% de custo adicional com a aplicação da filosofia LC	Redução do prazo de execução em dias trabalhados com a aplicação da filosofia LC
Chapisco	R\$ 7.427,43	249%	-9,5
Reboco	R\$ 19.538,58	103%	-55
Pintura	R\$ 2.711,65	37%	-34 (aproximadamente 2 meses)

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 19 sintetiza o resultado final sobre a viabilidade da aplicação da filosofia *Lean Construction* nos processos analisados.

Tabela 19 – Resultados encontrados

Processo analisado	É viável aplicar os princípios da filosofia <i>Lean Construction</i> ?
Chapisco	Não
Reboco	Não
Pintura	Sim

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com estes resultados foram analisados, ao todo, oito processos construtivos da residência unifamiliar em questão. Bicalho (2022) já havia concluído que dos cinco processos construtivos (concretagem, fechamento externo, fechamento interno, contrapiso e piso) quatro destes (concretagem, fechamento externo, fechamento interno e piso) apresentaram um resultado favorável à aplicação dos princípios do *Lean Construction*. Corroborando com os resultados de Bicalho (2022), ainda que o LC possa trazer benefícios ao processo, a viabilidade financeira nem sempre é alcançada.

Devido à alta complexidade da construção de residências unifamiliares, faz-se necessária uma análise pormenorizada dos seus processos para verificar a viabilidade da aplicação ou não da filosofia *Lean Construction* durante as obras. Os resultados encontrados, tanto no trabalho de Bicalho (2022), quanto no presente, demonstram

que não há uma fórmula pré-determinada, e a adoção ou não da filosofia pode variar a depender do processo construtivo e os seus objetivos.

Outrossim, como sugestão para estudos futuros vislumbra-se a análise da viabilidade financeira da aplicação da filosofia LC para todas as etapas construtivas de uma residência unifamiliar, como forma de analisar o contexto geral da obra, visto que alguns processos específicos já foram estudados.

7 CONCLUSÃO

Desperdícios e atrasos no cronograma são vistos no setor da construção civil. Buscando otimizar os processos, a filosofia *Lean Construction* vem ganhando cada vez mais espaço nesse setor. Em especial para construções unifamiliares, que têm projetos únicos, não se beneficiando de experiências anteriores e métodos de produção em escala, reforça-se a importância de levar eficiência para projetos que tem como característica a sua unicidade.

Com o propósito de verificar a viabilidade da aplicação de princípios da filosofia LC em processos construtivos de uma residência unifamiliar, utilizou-se o método de pesquisa baseado na análise comparativa entre as metodologias convencionais e com a aplicação dos princípios do *Lean Construction* para as etapas construtivas de chapisco, reboco e pintura na casa em questão.

Após a análise dos custos e período de execução, conclui-se que apesar da redução significativa no tempo de execução do chapisco e do reboco, a aplicação dos princípios do *Lean Construction* não se torna viável devido ao aumento significativo no custo destas etapas. Evidenciou-se um aumento considerável no custo do chapisco, da ordem de 249%, e uma redução de 9,5 dias na execução com a aplicação dos princípios do LC. No caso do reboco, encontrou-se um aumento de 103% no valor final e uma economia de 54,5 dias de execução ao se adotar o método baseado no *Lean Construction*.

A pintura foi o único processo analisado no qual sugere-se pela viabilidade da utilização de princípios do LC. A pintura é um dos últimos processos construtivos de uma residência e, por estar na fase final da obra, pode ter ocorrido imprevistos gerando um atraso de cronograma e pressões para entrega da residência. Os resultados demonstraram que pode ser uma escolha viável, considerando um custo adicional de R\$ 2.711,65 (37% a mais em comparação ao método tradicional) por um ganho de quase dois meses na execução.

Isto posto, conclui-se que, para as atividades de chapisco e reboco, apesar da economia em tempo, o alto custo envolvido não torna viável a aplicação dos princípios do *Lean Construction*. Já para a etapa de pintura, apesar do aumento no valor, a aplicação da filosofia LC se torna viável devido ao ganho em tempo.

REFERÊNCIAS

ABRAINC 2023. PIB da Construção tem alta de 6,9% em 2022 e puxa crescimento da economia. ABRAINC, [S.l.], 2023. Disponível em: <https://www.abrainc.org.br/construcao-civil/2023/03/02/pib-da-construcao-tem-alta-de-69-em-2022-e-puxa-crescimento-da-economia#:~:text=mar%C3%A7o%20de%202023-,PIB%20da%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20tem%20alta%20de%206%2C9%25%20em%202022,crescimento%20de%202%2C9%25>. Acesso em 15 maio 2023.

ALVARENGA, Maria Gabriela de Lima; CARVALHO, Ramon Silva de; SPERANZA, Daniel Hecht. Construção enxuta: definição e aplicações no canteiro de obras. 2019. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 11, n. 3, p. 16-27, set. 2019.

ARANTES, Paula Cristina Fonseca Gonçalves. **Lean Construction – Filosofia e metodologias**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em construções) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12721**: - Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13245**: – Tintas para construção civil – Execução de pinturas em edificações não industriais – Preparação da superfície. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13529**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995.

BICALHO, Gabriel Augusto Xavier. **O Lean Construction em residências unifamiliares: um estudo comparativo com o método tradicional**. 2022. Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.

CARDOSO, Rafael de Almeida; CARVALHO, José Raphael Vieira de; GARCIA, Rafael Azevedo de. **Estudo comparativo de execução: Pintura método manual x Pintura método mecanizado**. In Congresso Nacional de Iniciação Científica. 17, 2017, São Paulo. Anais eletrônicos [...]. Disponível em: <https://conic-semesp.org.br/anais/files/2017/trabalho-1000025953.pdf>. Acesso em 15 maio 2023.

COELHO, Nijacson Silva. **Implementação de práticas de Lean Construction em obras: uma revisão da literatura**. 2021. Monografia (Engenharia Civil) – Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco, São Luís, 2021.

CORREIA, João Victor Freitas Barros. Contextualização dos princípios da construção enxuta: aplicação da filosofia enxuta do sistema toyota de produção na

indústria da construção civil em exemplos práticos. **Ciências exatas e tecnológicas**, Aracaju, v. 4, n. 3, p. 29-38, abr. 2018.

FONSECA, Gustavo Costa Alves; CARMO, Marcelo Soares do; TAVARES, Raquel Ferreira. **Estudo de viabilidade para mecanização das etapas de chapisco, emboço e reboco na construção civil**. 2011. Monografia (Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade Vale do Rio Doce, Governador Valadares, 2011.

GIAMPIETRO, Saulo Lopes. **Estudo econômico sobre o setor da construção civil: uma análise histórica entre 1995 – 2016 e traços para o futuro**. 2018. Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campos Mourão, 2018.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. Helsinque: CIB, 1992.

MORAES, Gustavo Pinatti Vieira de; BUARQUE, Márcio José Alves. NAHIME, Bacus de Oliveira; LOBO, Fausto Arantes; DORO, Vinícius da Cunha; AKASAKI, Jorge Luiz; NETTO, Alberto Barella. Estudo de Caso: Aplicação dos princípios da filosofia da construção enxuta em obra residencial de pequeno porte. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 12, p. 120846-120871, Dec. 2021.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. [S.l.]: Bookman, 1997.

RIANI, Aline Mattos. **Estudo de caso: o Lean Manufacturing aplicado na Becton Dickinson**. 2006. Monografia (Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2006.

SALVADOR, Matheus Vicente. **Aplicação do conceito Lean Construction em obras de pequeno porte**. 2013. Monografia (Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

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

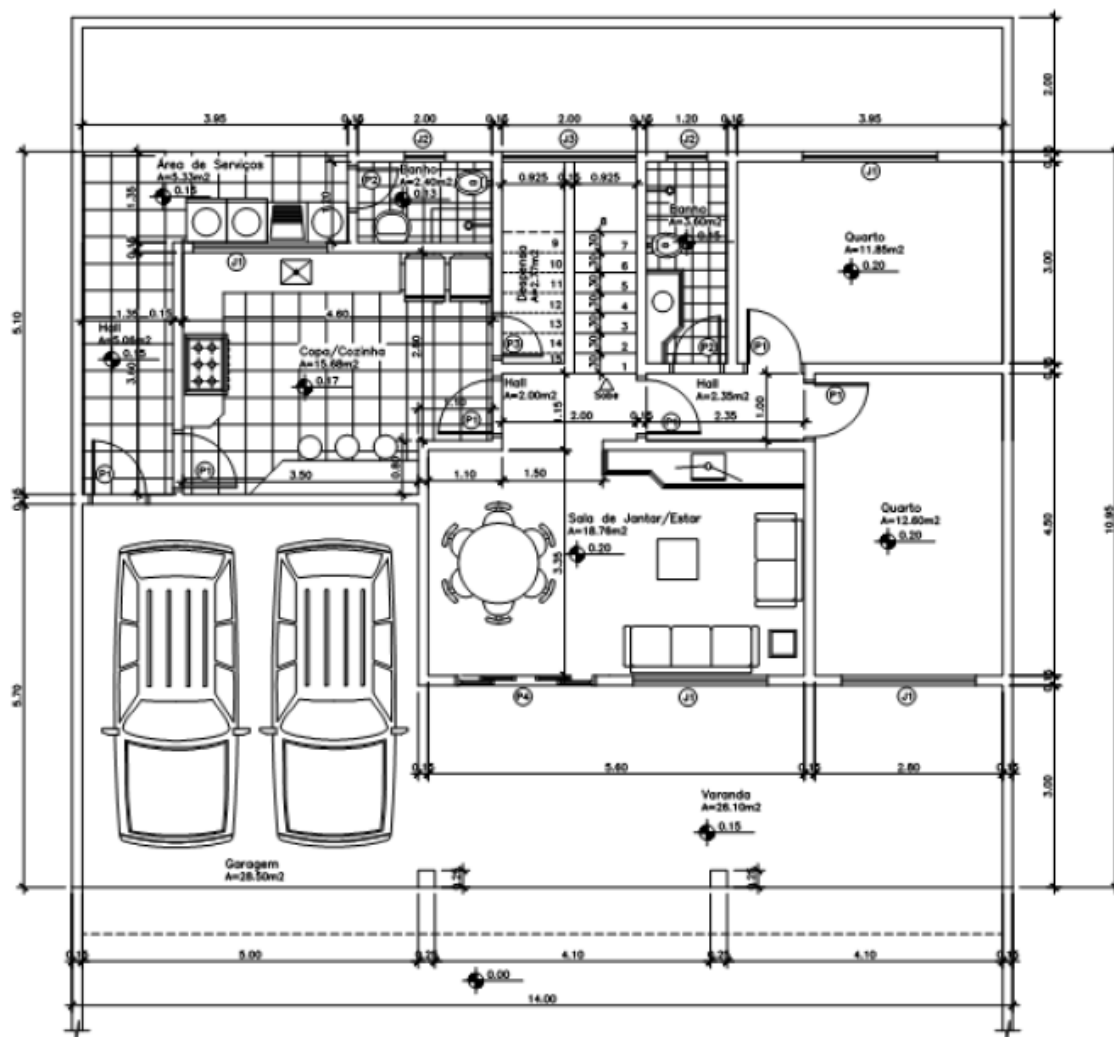
SOUZA, Beatriz Cassiano de; CABETTE, Regina Elaine Santos. Gerenciamento da construção civil: estudo da aplicação da “Lean Construction” no Brasil. **Revista de Gestão e Tecnologia**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 21-26, 2020.

TCPO – Tabela de Composições de Preços para Orçamentos. 15. ed. São Paulo: Pini, 2017.

**APÊNDICE – Orçamentos feitos pela autora em Belo Horizonte/MG em abril de
2023**

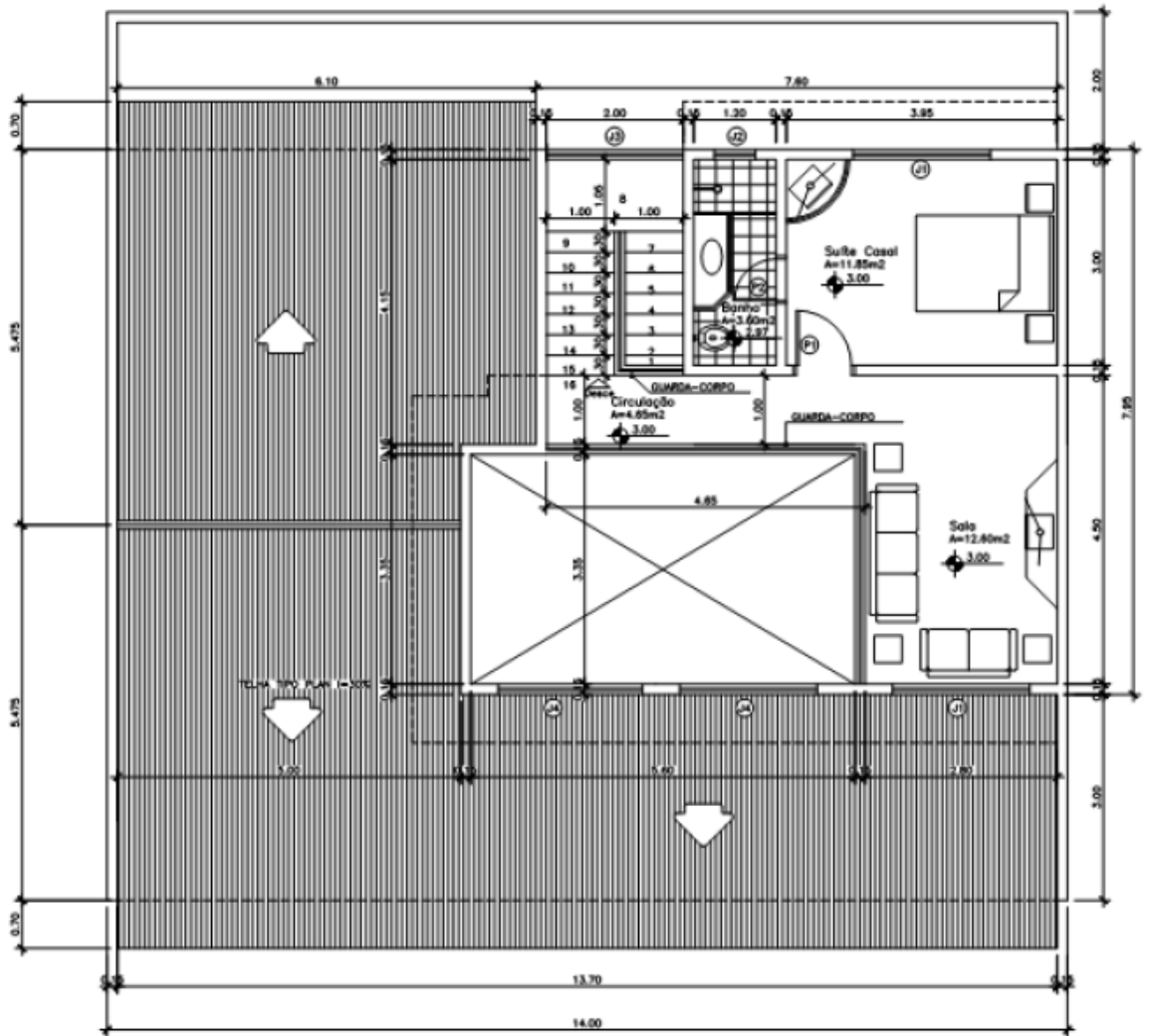
Insumo	Unidade	Menor preço
Servente	hora	R\$ 6,17
Pedreiro	hora	R\$ 9,70
Ajudante de pintor	hora	R\$ 8,88
Pintor	hora	R\$ 7,95
Selador	litro	R\$ 6,57
Tinta látex	litro	R\$ 11,64
Lixa	unidade	R\$ 0,76
Cal hidratada	kg	R\$ 0,80
Cimento	kg	R\$ 0,58
Areia	m ³	R\$ 88,57
Argamassa usinada	m ³	R\$ 490,00

ANEXO A – Projeto arquitetônico utilizado na pesquisa



01 PLANTA BAIXA - TÉRREO
ESCALA 1:50

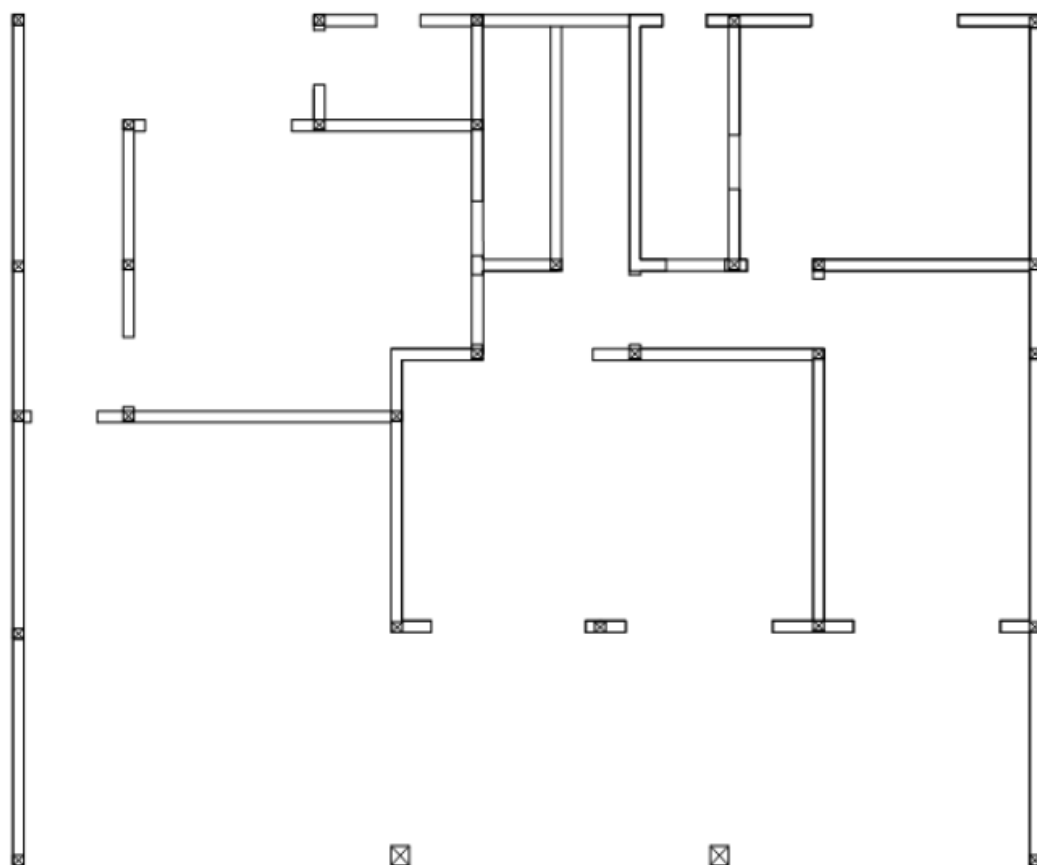
Fonte: (BICALHO, 2022).



02 PLANTA BAIXA - SUPERIOR
 ESCALA 1:50

Fonte: (BICALHO, 2022).

ANEXO B – Planta de pilares e quantitativos do projeto estrutural referente ao projeto arquitetônico do ANEXO A



01 POSIÇÃO DOS PILARES
ESCALA 1:50

Fonte: (BICALHO, 2022).

Resumo de medição (incluindo perdas de aço)

Elemento	CA-50 (kg)					Concreto (m³)		Formas (m²)
	Ø6.3	Ø10	Ø12.5	Ø16	Total	C25, usina.rigor	Limpeza	
Referência: P1	0.41	34.98	6.52		41.91	0.67	0.23	2.70
Referência: P2	0.41	14.67	30.69		45.77	0.74	0.18	3.36
Referência: P3	0.41	4.61	6.19		11.21	0.18	0.07	1.22
Referência: P4	0.41	14.64	31.45		46.50	0.78	0.19	3.42
Referência: P5	0.41	9.66	6.82		16.89	0.44	0.12	2.35
Referência: P6	0.41		35.89	60.78	97.08	1.54	0.29	5.84
Referência: P7	0.41	6.08		7.57	14.06	0.22	0.09	1.14
Referência: P8	0.41	7.19	16.91		24.51	0.74	0.18	3.36
Referência: P9	0.40	59.27		10.36	70.03	1.26	0.26	4.76
Referência: P10	0.40		53.78	82.15	136.33	2.35	0.40	7.65
Referência: P11	0.41	14.67	30.69		45.77	0.74	0.18	3.36
Referência: P12	0.41	26.63	6.31		33.35	0.47	0.17	2.08
Referências: P13 e P14	2x0.40	2x16.75	2x17.85		70.00	2x0.59	2x0.16	2x2.92
Referência: P16	0.41	7.48		7.57	15.46	0.27	0.11	1.26
Referência: P17	0.41	9.66	6.82		16.89	0.44	0.12	2.35
Referências: P18, P21, P22 e P24	4x0.41	4x4.40	4x5.97		43.12	4x0.14	4x0.06	4x0.90
Referência: P19	0.41	15.46	31.52		47.39	0.82	0.20	3.54
Referência: P20	0.40	4.80		7.57	12.77	0.18	0.07	1.02
Referência: P23	0.41		60.49		60.90	0.96	0.29	3.74
Referência: P25	0.40	3.15	5.98		9.53	0.09	0.04	0.75
Referência: P26	0.41	7.48	5.97		13.86	0.27	0.11	1.26
Referência: P27	0.40	3.15	5.98		9.53	0.09	0.04	0.75
Referência: P28	0.41	3.43	5.97		9.81	0.12	0.05	0.87
Referência: P29	0.41			95.30	95.71	1.60	0.31	5.92
Referência: P30	0.40	66.74	7.17		74.31	1.20	0.34	4.44
Totais	11.81	364.85	414.73	271.30	1062.69	17.87	4.55	76.58

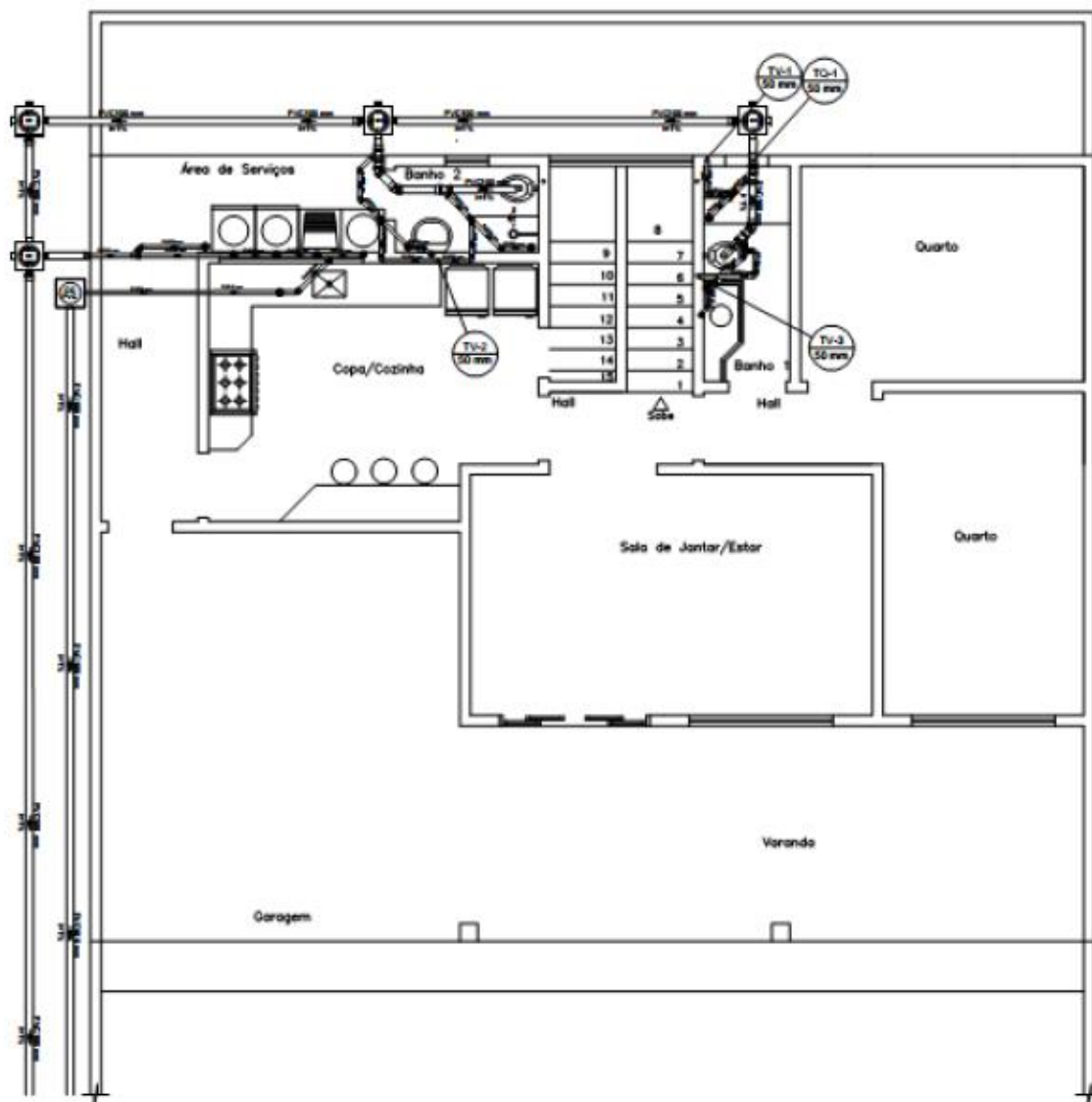
* Não medidos: Elementos de fundação.

Total obra - Superfície total: 217.66 m²

Elemento	Formas (m²)	Volume (m³)	Barras (kg)
LAJES	192.31	19.23	1297
Vigas: fundo	24.31	7.84	542
Forma lateral	72.85		
Pilares (Sup. Formas)	74.52	2.76	853
Total	363.99	29.83	2692
Índices (por m²)	1.672	0.137	12.37

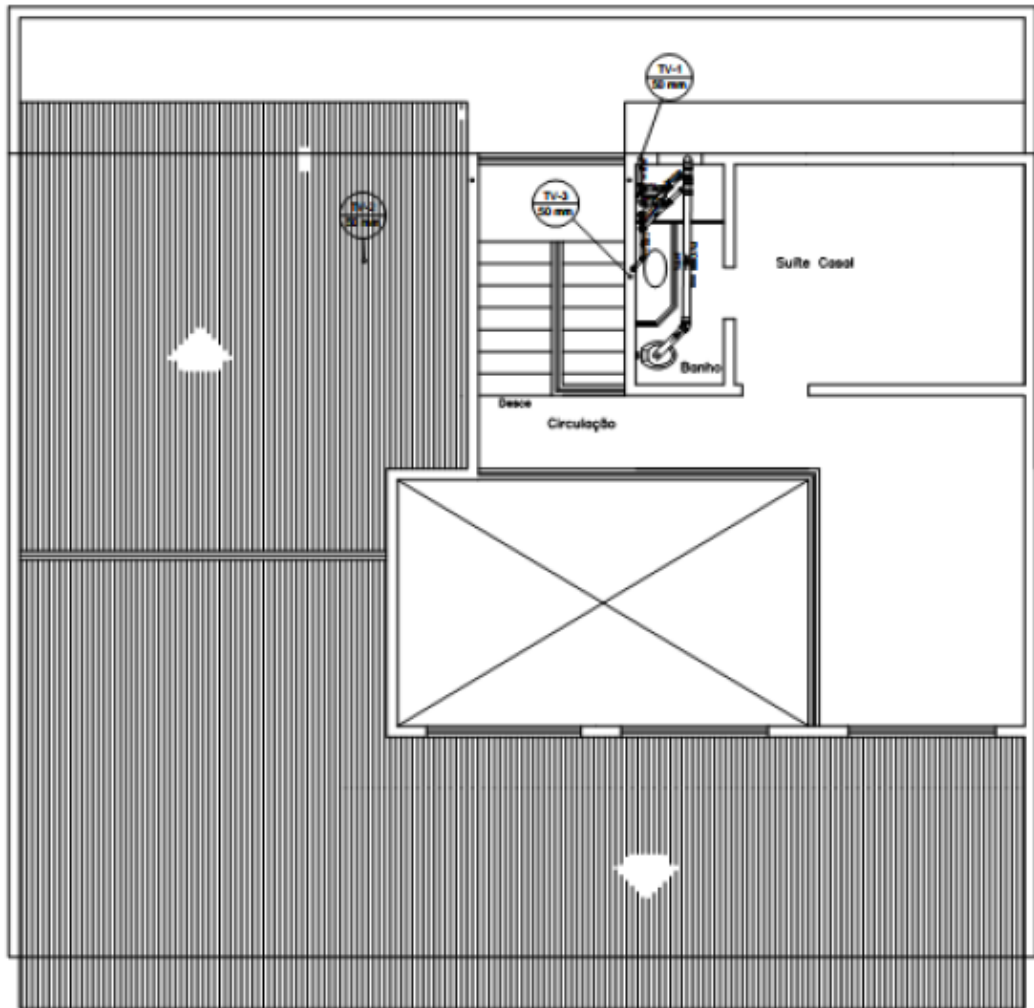
Fonte: (BICALHO, 2022).

**ANEXO C – Projeto hidrossanitário referente ao projeto arquitetônico do
ANEXO A**



01 PLANTA BAIXA - TÉRREO
ESCALA 1:50

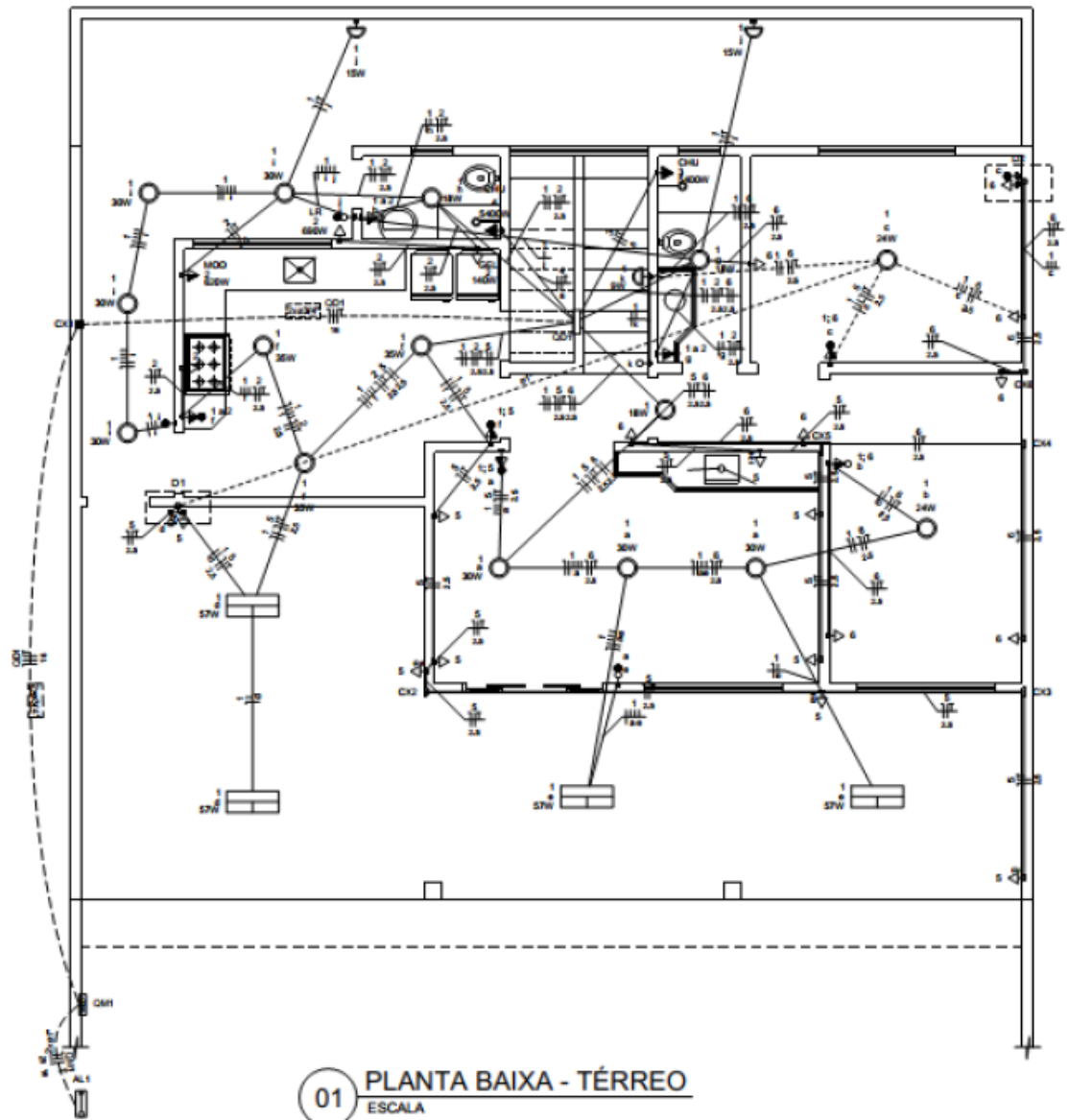
Fonte: (BICALHO, 2022).



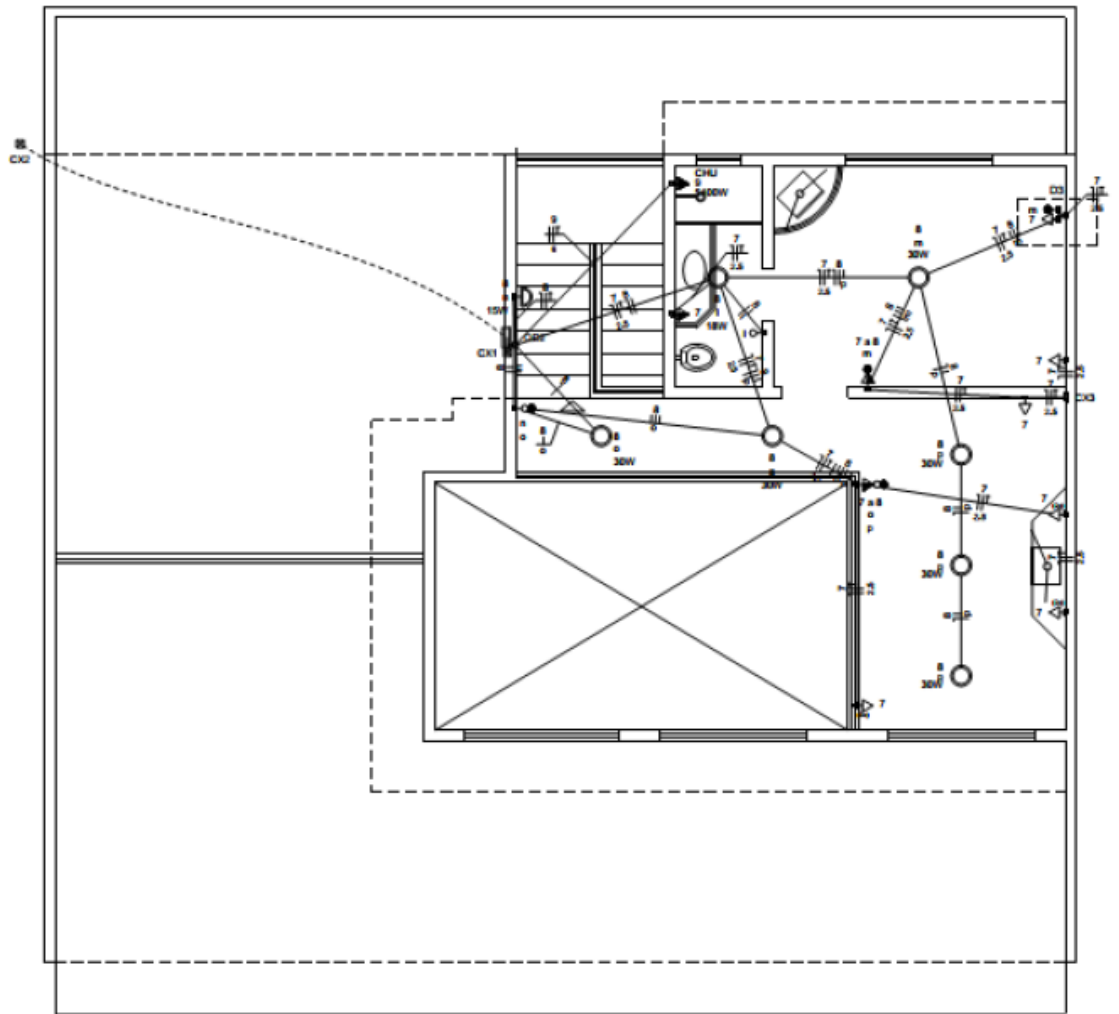
02 **PLANTA BAIXA - 2 PAVIMENTO**
ESCALA 1:50

Fonte: (BICALHO, 2022).

ANEXO D – Projeto elétrico referente ao projeto arquitetônico do ANEXO A



Fonte: (BICALHO, 2022).



02 PLANTA BAIXA - SUPERIOR
ESCALA

Fonte: (BICALHO, 2022).