



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



Gabriel Augusto Xavier Bicalho

**O *LEAN CONSTRUCTION* EM RESIDÊNCIAS
UNIFAMILIARES: UM ESTUDO COMPARATIVO COM O
MÉTODO TRADICIONAL**

Ouro Preto

2022

O *Lean Construction* em residências unifamiliares: um estudo comparativo com o método tradicional

Gabriel Augusto Xavier Bicalho

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

Data da aprovação: 28/09/2022

Área de concentração: Gestão e planejamento de obras

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

Ouro Preto

2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

B583o Bicalho, Gabriel Augusto Xavier.

O Lean Construction em residências unifamiliares [manuscrito]: um estudo comparativo com o método tradicional. / Gabriel Augusto Xavier Bicalho. - 2022.

72 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Me. Yã Grossi Andrade.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Civil .

1. Lean Construction (LC). 2. Desperdício (Economia). 3. Construção civil. I. Andrade, Yã Grossi. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 624

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



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



FOLHA DE APROVAÇÃO

Gabriel Augusto Xavier Bicalho

O Lean Construction em residências unifamiliares: Um estudo comparativo com o método tradicional.

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

Aprovada em 28 de setembro de 2022.

Membros da banca

[M.Sc.] Yã Grossi Andrade - Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto)
[D.Sc.] - Ana Letícia Pilz de Castro - (Universidade Federal de Ouro Preto)
[D.Sc.] - D.Sc. Tays Torres Ribeiro das Chagas - (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 28/09/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Ya Grossi Andrade, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/10/2022, às 22:30, 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 **0407146** e o código CRC **695713D6**.

RESUMO

A indústria da construção civil pode apresentar índices de produtividade baixos, alto índice de desperdícios e um olhar técnico que prioriza a arquitetura, estrutura e projetos complementares em relação aos aspectos que englobam a logística e o gerenciamento, que tem um papel fundamental para a execução correta dos projetos e do cumprimento do cronograma de obra estipulado. Para solucionar estes problemas a construção civil vem buscando alternativas que permitam mitigar tais deficiências. Uma ferramenta que se mostra bastante eficiente é a aplicação da filosofia *Lean Construction*. Este trabalho aborda um estudo feito com base nesta filosofia e analisa a viabilidade da aplicação da mesma com o objetivo de reduzir os desperdícios gerados a partir da construção de forma tradicional, buscando uma obra mais ágil, econômica e eficiente. Foram levantados alguns processos construtivos executados de maneira tradicional e comparados com métodos mais industrializados para uma residência unifamiliar, levando em consideração o custo, a mão de obra e o número de processos necessários para execução de cada tarefa. A análise indicará a viabilidade ou não destes processos envolvendo a filosofia *Lean Construction*. Como conclusão foi possível constatar que para este tipo de obra, o método híbrido se mostrou eficaz, tendo em vista que com exceção do contrapiso, houve benefícios de se utilizar a filosofia *Lean Construction*, trazendo agilidade devido a uma redução de mais de 257 horas de mão de obra e também redução dos desperdícios gerado na construção tradicional. Para se ter estes benefícios, houve um ligeiro aumento de custo com relação aos métodos tradicionais, sendo necessário um investimento de aproximadamente R\$3.900,00, representando 7,7% de aumento com relação aos métodos que não possuem traços da filosofia LC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do Método “Pensamento Enxuto”	15
Figura 2 – Nível de conhecimento sobre a filosofia.....	18
Figura 3 – Fluxograma dos processos do concreto produzido no canteiro de obras	27
Figura 4 – Fluxograma dos processos do concreto usinado	27
Figura 5 – Fluxograma dos processo da alvenaria com argamassa produzida no canteiro	28
Figura 6 – Fluxograma dos processos da alvenaria com argamassa usinada.....	29
Figura 7 – Fluxograma dos processos de fechamento com drywall.....	30
Figura 8 – Fluxograma dos processos de produção e execução do contrapiso no canteiro	31
Figura 9 – Fluxograma dos processos de execução do contrapiso com argamassa industrializada	31
Figura 10 – Fluxograma dos processos de execução do piso em porcelanato	32
Figura 11 – Fluxograma dos processos de execução do piso laminado	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Modelo de composição para execução da atividade Segundo TCPO.....	23
Tabela 2 - Modelo de composição para execução da atividade segundo orçamento de empresas.....	24
Tabela 3 - Modelo de comparativo entre métodos analisados	24
Tabela 4 - Composição de custo para concreto produzido no canteiro de obras.....	34
Tabela 5 - Composição de custos do concreto usinado com bombeamento	35
Tabela 6 - Comparativo entre os dois tipos de concreto	35
Tabela 7 - Composição de custo de argamassa de assentamento	36
Tabela 8 - Composição de custo do assentamento de tijolo com argamassa produzida no canteiro.....	37
Tabela 9 - Composição de custo de assentamento de tijolo com argamassa usinada	38
Tabela 10 - Comparativo dos métodos para assentamento dos tijolos	38
Tabela 11 - Composição de custo para produção de argamassa de assentamento	39
Tabela 12 - Composição de custo para assentamento de tijolo com argamassa produzida no canteiro de obras	40
Tabela 13 - Composição de custo para assentamento de tijolo com argamassa usinada.....	41
Tabela 14 - Composição de custos para fechamento em <i>Drywall</i>	41
Tabela 15 - Comparativo entre os métodos para assentamento dos tijolos	42
Tabela 16 - Composição de custo para assentamento de tijolo nas áreas molhadas com argamassa feita no canteiro	43
Tabela 17 - Composição de custo para assentamento de tijolo nas áreas molhadas com argamassa usinada	43
Tabela 18 – Composição de custo de fechamento em <i>Drywall</i> áreas secas	44
Tabela 19 - Comparativo entre os métodos de execução do fechamento interno.....	45
Tabela 20 - Composição de custos para produção de argamassa para contrapiso ..	46
Tabela 21 - Composição de custo para execução do contrapiso feito no canteiro de obras	46
Tabela 22 - Composição de custo para execução de contrapiso com argamassa usinada.....	47
Tabela 23 - Comparação entre os tipos de execução do contrapiso.....	48
Tabela 24 - Composição de custo para execução de porcelanato	49

Tabela 25 - Composição de custo para execução de piso laminado	49
Tabela 26 - Comparativo entre os tipos de piso	50
Tabela 27 - Resultados obtidos.....	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Princípios do Lean.....	17
Quadro 2 – Nível de aplicação dos princípios do Lean Construction	19
Quadro 3 – Problemas encontrados e soluções propostas.....	20
Quadro 4 – Tipos de sistemas construtivos	21
Quadro 5 – Características principais dos projetos-padrão.....	25
Quadro 6 – Modificação com relação a concretagem	26
Quadro 7 – Modificação com relação ao fechamento externo	28
Quadro 8 – Modificação com relação ao fechamento interno	29
Quadro 9 – Modificação com relação ao contrapiso	30
Quadro 10 – Modificação com relação ao piso	32
Quadro 11 – Análise dos métodos construtivos para cada etapa	54

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivos Gerais.....	12
1.2	Objetivos específicos	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	A construção civil e seus desperdícios.....	13
2.2	A Filosofia Lean Production	14
2.3	A Filosofia Lean Construction	16
2.4	Aplicação do Lean Construction.....	17
2.5	Sistemas construtivos utilizados na filosofia lean.....	20
3	METODOLOGIA	22
4	ESTUDO DE CASO	24
4.1	Projetos de arquitetura e complementares.....	25
4.2	Definição dos processos construtivos	26
4.2.1	Concreto	26
4.2.2	Fechamento externo.....	28
4.2.3	Fechamento interno.....	29
4.2.4	Contrapiso	30
4.2.5	Piso.....	32
5	RESULTADOS.....	34
5.1	Concreto.....	34
5.2	Fechamento externo	36
5.3	Fechamento interno	39
5.4	Contrapiso.....	46
5.5	Piso	48
6	DISCUSSÕES	51

7	CONCLUSÕES.....	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
	APÊNDICES	61

1 INTRODUÇÃO

A construção civil tem impacto direta e indiretamente na economia brasileira, pois além de gerar uma grande quantidade de empregos e de se relacionar com indústrias e empresas de diversos setores, ainda está interligada com a infra-estrutura econômica do país através de portos, rodovias, ferrovias, irrigação para plantio, comunicação e energia, onde a construção desses beneficia a sociedade como um todo. Deste modo, o desempenho da indústria da construção civil facilita e agiliza o desenvolvimento de diversos setores da economia nacional. Mesmo com esta relevância o setor da construção civil no Brasil tem como foco a produção dos processos predominantemente artesanais, o que resulta em baixa produtividade e alta taxa de desperdícios de materiais. Essas características impactam diretamente na visão das pessoas com relação ao setor (SANTIAGO, 2008). Ainda que avanços científicos e tecnológicos trouxeram inovação para a área da construção civil, algumas delas não tiveram o aproveitamento devido, gerando desperdícios de potenciais construtivos. Ao comparar a indústria da construção civil brasileira com as de outros países, pode-se observar que há uma demanda por métodos construtivos mais racionalizados e eficientes por parte de outros países (CASSAR, 2018).

De acordo com as necessidades do mercado, em que cada vez mais é exigido obras mais rápidas, com menor desperdício e maior economia, a construção civil atentou a necessidade de otimizar os processo produtivos e melhorar o gerenciamento de todos os tipos de obras. Partindo deste objetivo Lauri Koskela, em 1992, adaptou a filosofia *Lean Manufactory* desenvolvida no Japão a partir do modelo de produção da Toyota para otimizar a produção e gerar menos desperdícios para a fabricação de seus produtos, ao realizar esta adaptação, a filosofia ficou conhecida como *Lean Construction* (LC) e vem se difundindo por todo o mundo. A aplicação da filosofia da construção enxuta ajuda as construtoras a melhorar os processos construtivos, reduzir os estoques, aumentar a velocidade da construção, diminuir o desperdício, promover a economia dos materiais e agregar valor ao produto, o que acaba beneficiando tanto a empresa ou o prestador de serviço que irá realizar a obra, quanto o cliente por receber o produto exatamente como solicitado e em um tempo condizente com o cronograma estipulado. Seguindo esta tendência interessa-se em quais situações seria possível fazer a aplicação da filosofia *Lean Construction*.

Na literatura verifica-se a aplicação da filosofia LC em residências

multifamiliares (SANTOS, 2021), edifícios de grande porte (JÚNIOR, GERALDO, 2018) ou conjuntos habitacionais (LUCENA, 2020), onde é possível padronizar os serviços que serão replicados de um apartamento para outro ou de uma residência para outra. Nota-se que há poucas abordagens voltadas para residências unifamiliares, então foi despertado o interesse em analisar a aplicação dos princípios da filosofia enxuta neste tipo de habitação mesmo sabendo que esta obra será única e não haverá replicação dos mesmos processos.

Este trabalho tem foco em analisar a viabilidade da aplicação de princípios da filosofia *Lean Construction* em alguns processos construtivos em uma residência unifamiliar. Será abordado no referencial teórico os desperdícios existentes na construção civil, a origem da filosofia *Lean Construction* e alguns resultados onde foi aplicada a filosofia. Na metodologia será abordado o método comparativo e como será realizado a comparação juntamente com os objetivos do estudo. No estudo de caso, será apresentado os processos construtivos que compõem o estudo (concretagem, fechamento interno e externo, contrapiso e piso) e quais os aspectos analisados que justificam estas escolhas. Posteriormente será apresentado os resultados obtidos para cada processo construtivo e em seguida será feita uma análise comparativa para que possamos concluir a viabilidade total ou parcial da utilização da filosofia nos processos abordados.

1.1 Objetivos Gerais

Verificar a viabilidade da aplicação total ou parcial da filosofia LC em substituição aos métodos tradicionais para construção de uma residência unifamiliar.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar o levantamento dos dados (projeto arquitetônico e projetos complementares);
- Realizar o levantamento do custo de cada método de execução;
- Comparar métodos tradicionais da construção civil no Brasil e métodos utilizando traços do *Lean Construction* levando em consideração o custo, a mão de obra e o tempo necessário para a execução dos mesmos serviços.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A construção civil e seus desperdícios

A indústria da construção civil pode apresentar índices de produtividade baixos, alto índice de desperdícios e um olhar técnico que prioriza a arquitetura, estrutura e projetos complementares em relação aos aspectos que englobam a logística e o gerenciamento, que tem um papel fundamental para a execução correta dos projetos e do cumprimento do cronograma de obra estipulado. Um dificultador do setor é que cada obra é única e a elaboração de processos projetuais, a execução, bem como as normativas construtivas são determinadas de acordo com cada região. Além disso, a “fábrica” da indústria da construção se localiza junto ao próprio terreno que abrigará o produto final. Portanto, para cada início de empreendimento, é necessária a instalação e a posterior retirada da organização de trabalho, o que resulta em soluções temporárias tornando as condições de trabalhos mais precárias, reduzindo os recursos disponíveis, aumentando a probabilidade de erros e dificultando melhorias (ALVARENGA, 2019).

Os desperdícios no setor da construção civil podem ser observados por vários fatores como por exemplo, as fases executivas do processo não levam em consideração as necessidades das fases posteriores. A fase de alvenaria não considera a execução das instalações, enquanto a etapa de execução das instalações prediais é sobreposta, causando atrasos e retrabalho, devido a falta de compatibilização de projetos (KOSKELA, 1992). Outro exemplo de desperdício é com relação aos recursos humanos, é gasto muito tempo e mão de obra para montagem de armaduras, execução de alvenaria, fabricação de formas, fabricação e uso de argamassas e concreto. Tendo em vista que a mão de obra compõe de 30 a 40% do custo de produção, destaca-se o impacto desse desperdício (SILVA, 1986).

Essas características influenciaram na busca de métodos e procedimentos, em outros setores industriais, que pudessem ajudar no aumento da qualidade de produção no canteiro de obras. No setor industrial a eliminação de desperdícios é um ponto crucial e destaca-se a filosofia Lean Manufactory para o aumento de produtividade e redução de desperdícios. De acordo com Ohno (1997), alguns desperdícios que

devem ser evitados são:

- Superprodução: produção em excesso e sem demanda, gerando custos com excesso de mão de obra, estoque e transportes desnecessários. Shingo (1996) também cita um outro tipo de superprodução, a “antecipada”, onde a produção ocorre antes de ser necessária.
- Espera: Tempo improdutivo, no qual os colaboradores permanecem ociosos esperando ferramentas, matéria-prima, a próxima tarefa a ser executada ou qualquer outro motivo, geralmente são originados por atrasos nos processos, mal funcionamento de equipamentos necessários, falta de material entre outros (LIKER, 2005).
- Transporte e movimentação desnecessários: Estes desperdícios geralmente são ocasionados por falta de logística no processo de produção, havendo movimentações grandes ou inúteis, que pode ser exemplificado pela procura por uma ferramenta ou material, empilhamento de matéria prima longe do local de processamento, transportes ineficientes entre outros.
- Processamento incorreto ou produto com defeito: Refere-se a produção de um produto defeituoso, que passou por um processamento inadequado devido a mal funcionamento de um equipamento, falha humana ou projeto de baixa qualidade gerando retrabalho e aumentando os custos da produção.
- Excesso de estoque: Este desperdício é relacionado aos materiais e equipamentos que são armazenados em quantidades muito superiores ao que realmente é necessário, gerando custo para transporte, armazenagem e perdas de materiais.

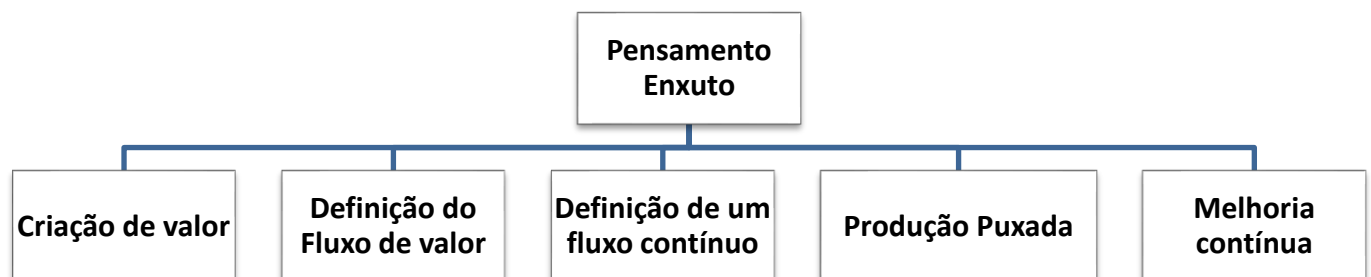
2.2 A Filosofia Lean Production

A filosofia *lean* tem origem no *Japão* e surge da necessidade de reduzir o desperdício de materiais e de aumentar a produtividade. O método criado por Taiichi Ohno (Sistema Toyota de Produção) baseia-se nos seguintes princípios: o *Jidoka* (“automação com um toque humano”) e o *Just-in-Time* (sistema de gerenciamento e administração da produção para que seja determinado o momento exato em que tudo deve ser comprado, produzido e transportado) (ALVARENGA, 2019). A associação dos métodos *Jidoka* e *Just-in-Time* possibilitou o aumento da eficiência dos

processos, o monitoramento das falhas, a compreensão, com maior facilidade, das causas dos problemas ocorridos nas empresas. Além disso, foi possível solucionar os problemas existentes com maior velocidade. Nos anos de 1990 houve o desenvolvimento do método “*Lean Thinking*” ou “*Pensamento Enxuto*” (GHINATO, 2000). Como pode ser visto na figura 1, o método Pensamento Enxuto é estruturado com base nos seguintes princípios:

Figura 1 - Estrutura do Método “Pensamento Enxuto”

Fonte: O autor



A Criação de Valor consiste numa análise do público alvo (cliente) para estipular o tempo de produção do produto e o valor de venda. Enquanto a Definição do Fluxo de Valor permite ao gestor uma visão total do processo, visto que é possível acompanhar a transformação da matéria-prima em produto acabado e depois gerenciar a entrada de pedidos até a entrega do produto final. Desta maneira, é possível detectar fontes de desperdício e otimizar todas as etapas do processo produtivo (WOMACK, JONES, 2008). Definição de um fluxo contínuo é o princípio que ajuda a criar um fluxo contínuo e ininterrupto das atividades e também a eliminar as atividades que não agregam valor. E portanto, evita desperdícios. O fluxo contínuo quando é elaborado com eficácia evita gastos com insumos, espaço, custo e tempo. A produção puxada tem a função de eliminar a produção excessiva e focar nas necessidades do cliente. Pois, determina que a fabricação de um produto, somente será iniciado após a sua solicitação. Esta ação, permite a redução drástica dos níveis de estoque, produtos acabados, matéria-prima e produtos em processo. Já o princípio da Melhoria contínua tem como objetivo o aumento da qualidade de seus produtos, com o menor custo de produção e um maior valor agregado. Isto é possível através da otimização dos processos de fabricação, identificação das novas falhas e a correção das mesmas

(WOMACK, JONES, 2008).

2.3 A Filosofia Lean Construction

Dado os desperdícios da construção civil, a necessidade de otimizar os processos produtivos e melhorar o gerenciamento de todos os tipos de obras, Lauri Koskela, em 1992, adaptou a filosofia *Lean Manufactory* desenvolvida no Japão a partir do modelo de produção da Toyota para otimizar a produção e gerar menos desperdícios para a fabricação de seus produtos, ao realizar esta adaptação, a filosofia ficou conhecida como *Lean Construction* (LC) e vem se difundindo por todo o mundo. A aplicação da filosofia *Lean Constructio* (FLC) no Setor da construção civil teve início na década de 1990 com o trabalho “*Application of the new production philosophy in the Construction industry*” e foi considerado o primeiro trabalho acadêmico com diretrizes da aplicação do FLC. Nesse período também houve a criação do *International Group for Lean Construction* (IGLC), (KOSKELA, 1992).

A filosofia LC pode ser uma das maneiras de ajudar as empresas a permanecerem competitivas, atendendo as necessidades do mercado. O objetivo é melhorar a metodologia de trabalho, o foco da sua aplicação, eliminar atividades que não agregam valor ao produto final e como consequência reduzir o desperdício e melhorar a produtividade, aumentando o ganho financeiro e a satisfação do cliente (BENETTI; SILVA; BELLEI, 2012). A utilização do pensamento enxuto na indústria da construção, proporcionou o surgimento de linhas de pesquisas aprimorando e diversificando o conceito “Construção Enxuta”. Através da adequação da metodologia enxuta para a construção, foi possível analisar a problemática da indústria da construção e a comparar com os problemas abordados nos estudos anteriores, que se referiam aos outros tipos industriais. A construção enxuta difere-se da construção tradicional através do conceito, trazendo uma nova maneira de entender os processos. O modelo tradicional ou “modelo de conversão” define a produção como um conjunto de atividades que converte os insumos (pessoas, materiais, informação e equipamentos) em produtos intermediários ou em produto final (FORMOSO, 2002). Já o *Lean Construction* segundo Howell (1999), pode ser definido como uma aplicação da manufatura enxuta (*Lean Production*), porém no ramo da construção civil.

De acordo com Koskela (1992) o método *Lean Construction* tem os seguintes princípios:

Quadro 1 – Princípios do Lean

Fonte: Adaptado de Koskela (1992)

Princípios do Lean Construction	
1 - Reduzir atividades que não agregam valor; 2 - Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes; 3 - Reduzir a variabilidade; 4 - Reduzir o tempo de ciclo da produção; 5 - Simplificar através da redução do número de passos ou partes;	6 - Aumentar a flexibilidade de saída de produto; 7 - Aumentar a transparência do processo; 8 - Focar no controle de todo o processo e introduzir melhoria contínua no processo; 9 - Manter o equilíbrio entre melhoria nos fluxos e nas conversões; 10 - Realizar benchmarking (referências de ponta).

Após analisar os princípios determinados por Koskela (1992), pode-se constatar que, mesmo com todos os benefícios de se aderir o LC é necessário uma estruturação para implementação desta filosofia, tendo em vista que é necessário o comprometimento de todos os colaboradores, desde a gerência até a produção. A grande dificuldade está na propagação desta filosofia, pois a maioria da mão de obra da indústria da construção civil está habituada com a maneira convencional de construção, sendo necessário fazer a capacitação de toda a equipe para que todos entendam a importância da filosofia e todos os benefícios que ela proporciona, além de supervisionar todas as etapas para evitar erros nos processos e facilitar que os processos aconteçam de acordo com o planejado.

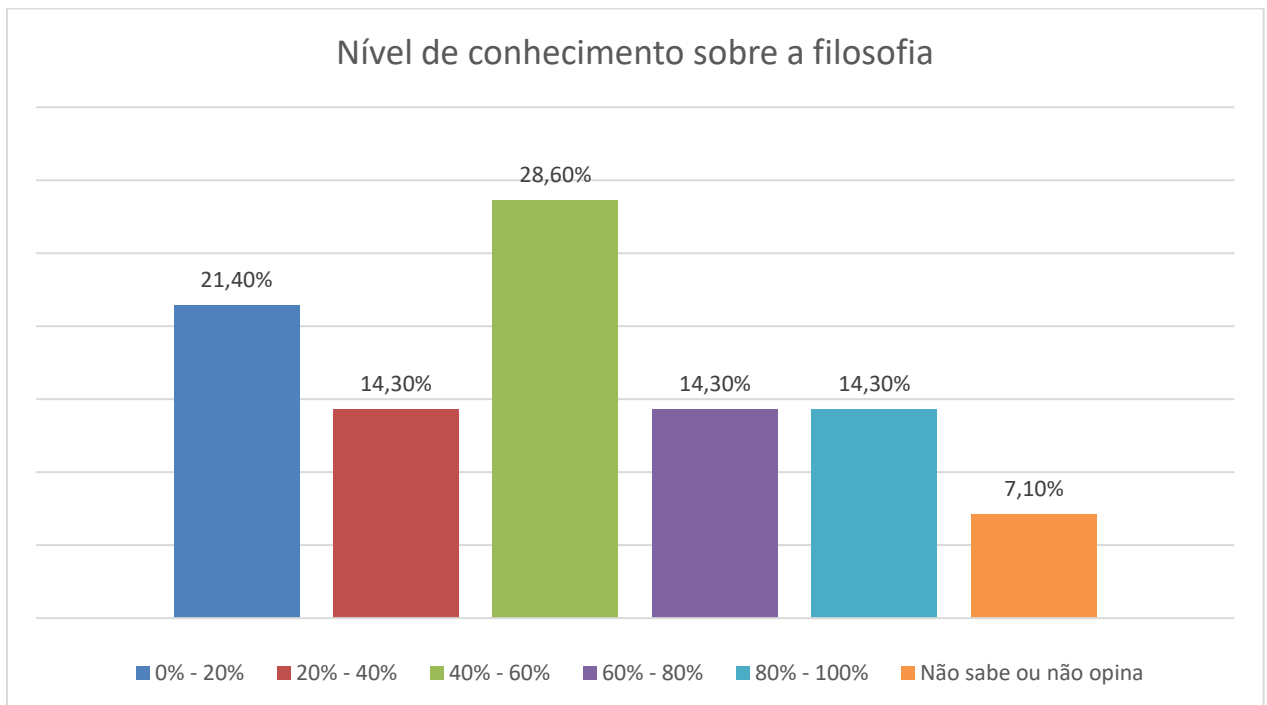
2.4 Aplicação do Lean Construction

Esta seção traz referências de dois trabalhos exemplificando como o LC está sendo aplicado no Brasil e as dificuldades encontradas em sua aplicação.

A pesquisa desenvolvida por Borges (2018), teve como base um questionário onde foram entrevistadas 14 empresas do setor da construção civil com o objetivo de verificar o nível de aplicação da filosofia em empresas brasileiras. A figura abaixo, evidencia o nível de conhecimento das empresas com relação a filosofia LC.

Figura 2 – Nível de conhecimento sobre a filosofia

Fonte: Adaptado de Borges (2018)



Ao analisar as respostas pode-se constatar que apenas 2 empresas possuem um nível de conhecimento entre 80-100% sobre os conceitos relacionados à filosofia *Lean Construction*. Os resultados também mostraram que o maior tempo de utilização do *Lean Construction*, entre as empresas entrevistadas, corresponde à 5 anos. Em relação ao grau de dificuldade na utilização da filosofia lean com relação aos seus princípios, a maioria das empresas considerou baixos níveis em relação a dificuldade de identificar os indicadores de desempenho, dificuldade na coleta e interpretação de dados, falta de comprometimento da alta gerência e falhas nos cálculos dos indicadores de desempenho.

No questionário também foi analisado o nível de utilização dos 11 princípios da filosofia *Lean Construction*. Foi considerado o nível de aplicação do maior número de empresas em relação a cada um dos princípios da filosofia, conforme a Tabela 1:

Quadro 2 – Nível de aplicação dos princípios do Lean Construction

Fonte: BORGES, 2018

Princípio da <i>Lean Construction</i>	Nível de aplicação
Reduzir a parcela de atividade que não agrega valor	60 a 80%
Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes	40 a 60%
Reduzir a variabilidade	40 a 60%
Reduzir o tempo de ciclo	40 a 60%
Minimizar o número de passos e partes	40 a 60%
Aumentar a flexibilidade de saída	40 a 60%
Aumentar a transparência do processo	80 a 100%
Focar o controle no processo global	60 a 80%
Introduzir melhorias contínuas no processo	80 a 100%
Equilibrar melhoria de fluxo	60 a 80%
Benchmarking	80 a 100%

A partir dos resultados obtidos pela pesquisa foi observado que as empresas brasileiras conhecem os princípios da filosofia e a importância de sua aplicação. A maior parte das empresas entrevistadas enxergam a melhoria causada pela aplicação da FLC.

Também foi notado em quase todas as empresas, uma deficiência teórica em relação ao tema entre gestores e colaboradores. O que pode representar a principal dificuldade de implantação da filosofia, pois uma grande parte das empresas utilizam ferramentas pontuais da filosofia sem conhecimento teórico, fazendo o uso baseado na observação da aplicação em empresas concorrentes.

Outra aplicação da filosofia foi o trabalho desenvolvido por Junior (2022) que objetiva desenvolver uma estratégia que visa o aumento da produtividade, a redução de desperdícios e o tempo de execução da obra de um edifício multifamiliar com a aplicação dos princípios do *Lean Construction*. Após o levantamento dos problemas encontrados na obra, foi sugerido pelo autor algumas alternativas para redução dos

desperdícios e maior eficiência na produção, como pode ser observado na tabela 2:

Quadro 3 – Problemas encontrados e soluções propostas

Fonte: JUNIOR, 2022

Problemas	Soluções propostas
Desperdício de material por falha de execução	Criação de um procedimento de execução de serviços (PES) e fichas de verificação de serviços (FVS), para garantir a qualidade dos serviços executados.
Falta de padronização dos serviços	Fazer o treinamento de toda a equipe, para que todos estejam cientes da maneira de trabalho da empresa e a qualidade exigida. Além do treinamento a PES e a FVS ajudam a padronizar os serviços.
Desperdício de tempo por deslocamento e fornecimento de material no canteiro	Criar uma equipe para fazer o transporte do material após o expediente, evitando desperdício de tempo esperando material. Equipes polivalentes na frente de serviço, para evitar espera para execução de serviços posteriores e deslocamento da equipe.
Utilização de materiais de diferentes lotes em um mesmo ambiente e falta de organização do almoxarifado	Utilizar a ficha de verificação de material (FVM) para que os materiais sejam separados por lotes, evitando que lotes diferentes sejam utilizados em um mesmo ambiente. Foi sugerido também a identificação de lugares específicos para cada material no almoxarifado, facilitando a estocagem e localização dos materiais.
Problemas recorrentes	Implantação de uma ficha de problemas que deverá ser preenchida por todos os funcionários da administração da obra, esta será discutida ao fim do mês e deverá ser proposta a solução para o problema.
Serviços que não agregam valor ao produto	Como exemplo foi citado a compra das ferragens já cortadas e dobradas, facilitando então a execução conforme o projeto.

2.5 Sistemas construtivos utilizados na filosofia lean

Segundo Sabbatini (1989) apud Manzione, (2004, p. 13) “Sistema construtivo é um processo construtivo com alto nível de industrialização e organização, composto por um aglomerado de elementos e componentes relacionados entre si e totalmente integrados pelo processo”. O avanço tecnológico da indústria da construção civil no Brasil, proporcionou o surgimento de diversos modelos construtivos. A alvenaria convencional de bloco cerâmico ainda é o modelo mais utilizado. Contudo, outros sistemas construtivos como da alvenaria estrutural, steel frame, wood frame e paredes

de concreto também são utilizados (PEREIRA, 2018).

Estes novos modelos surgem da necessidade de otimizar os processos, reduzir custo e tempo para execução, trazendo uma obra mais limpa, organizada e econômica, mas mantendo a segurança e estabilidade da edificação. A escolha do sistema construtivo a ser utilizado impacta diretamente no cronograma da obra, pois dependendo do sistema escolhido o número de processos para execução muda, e os processos que dependem de outros para serem executados também é alterado. A tabela 3 faz uma breve descrição destes sistemas:

Quadro 4 – Tipos de sistemas construtivos

Fonte: O autor 2022

Sistema construtivo	Descrição
Alvenaria convencional	Destinada a dividir espaços e preencher vãos de estrutura de aço, concreto armado entre outros. Não possui função estrutural.
Alvenaria estrutural	As paredes trabalham como elementos estruturais. Resistindo as cargas além do peso próprio.
Wood frame	São estruturas de madeira em que tanto as paredes quanto o piso possuem comportamento de uma placa, recebendo carga tanto no seu plano quanto perpendicular ao mesmo.
Steel Frame	É um sistema construtivo constituído de perfis de aço galvanizado formado a frio, estes são responsáveis por suportar as cargas que vão atuar na edificação.
Paredes de concreto	Este sistema é voltado para construções, em sua maioria residenciais, cuja estrutura é composta por paredes de concreto armado moldadas in loco, com ou sem lajes de concreto armado.
Drywall	É um sistema composto por chapas de gesso

parafusadas em perfis de aço galvanizado, com alta resistência mecânica e acústica. É muito utilizado na construção de paredes e forros, além de embutir instalações, rebaixar tetos e criar elementos decorativos.

Estas inovações na construção civil, contribuem para a maior eficiência do setor, trazendo alternativas mais ágeis, eficientes e reduzindo processos em relação a construção tradicional.

3 METODOLOGIA

Este trabalho se interessa pela aplicação da filosofia LC em especial a sua viabilidade da aplicação para a redução de desperdícios gerados a partir da construção de forma tradicional, buscando uma obra mais ágil, econômica e eficiente. Pesquisas do tipo “Estudo de Caso” são considerados interessantes fontes de dados pois permitem diagnosticar as particularidades que ocorrem no setor da construção civil, bem como verificar como o pensamento enxuto pode atuar para otimizar os processo e fluxo (Eriksson, 2010). Portanto este trabalho foi desenvolvido através do método denominado “Estudo de Caso” e os objetivos propostos estão descritos logo abaixo.

Justifica-se a escolha do projeto arquitetônico e dos projetos complementares (hidrosanitário, elétrico e estrutural) de uma residência unifamiliar (residência destinada a acolher uma única família), pois quando se trata de residências multifamiliares, como é o caso de edifícios e conjuntos habitacionais, a industrialização tem uma ampla vantagem, por se tratar de várias casas ou apartamentos replicados, se torna mais fácil e ágil a padronização dos processos. Já quando se trata de residências unifamiliares cada projeto terá sua particularidade, cada pessoa irá projetar o imóvel conforme o seu interesse e de forma única, além de ser mais escasso a quantidade de pesquisas e trabalhos relacionados a este tipo de residência. Será desenvolvido um comparativo entre dois tipos de execução de um mesmo serviço, analisando a forma mais tradicional em contraste com maneiras contendo traços da filosofia LC. Para isso foi levantando o custo de cada tipo de execução, levando em

consideração todos os insumos e mão de obra necessários para a execução de cada alternativa analisada.

Para coleta de dados e levantamento de custos foi utilizada a TCPO 15ª edição de 2017, os dados que não foram possíveis obter por meio da tabela foram obtidos através de orçamentos com empresas locais na cidade de Belo Horizonte, onde foram feitos em média 3 orçamentos para cada tipo de material e serviço e foi utilizado o menor valor encontrado entre eles, também foram utilizados dados secundários oriundos de artigos e trabalhos acadêmicos para complementação das informações faltantes.

Após a coleta, foi feito o tratamento dos dados em forma de tabelas, onde foram expostos os custos referentes a cada método de execução. Também desenvolveu-se uma tabela com fim comparativo entre as duas maneiras de execução, analisando atividade por atividade, para assim chegar em um resultado com relação a cada um dos processos analisados. A tabela será feita de acordo com estes modelos mostrados na tabela 4, 5 e 6:

Tabela 1 – Modelo de composição para execução da atividade Segundo TCPO

Fonte: Adaptado de TCPO 15º edição

Descrição da atividade analisada				
Local de aplicação	Descreve o local onde será aplicado.			
Quantidade necessária para execução da atividade (pode ser m ³ ou m ²).	Metragem necessária para a execução do serviço.			
Código TCPO:	É colocado o código TCPO e a descrição conforme a tabela.			
Descrição dos insumos necessários	Unidade	Consumo unitário	Custo Unitário	Custo total
Insumo 1	m ³			

Insumo 2 ...	h			
Total				

Tabela 2 - Modelo de composição para execução da atividade segundo orçamento de empresas

Fonte: O autor

Descrição da atividade analisada				
Local de aplicação	Descreve o local onde será aplicado.			
Quantidade necessária para execução da atividade:	Metragem necessária para execução do serviço.			
Descrição dos insumos necessários	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Insumo 1	kg			
Insumo 2	Un			
Total				

Tabela 3 - Modelo de comparativo entre métodos analisados

Fonte: O autor

Descrição	M.O Pedreiro (h.H)	M.O Ajudante (h.H)	Preço total
Método 1			
Método 2			

4 ESTUDO DE CASO

A seguir será apresentado o estudo de caso destacando os processos construtivos tradicionais e com os princípios da FLC, bem como as vantagens que se espera obter com as alternativas propostas.

O padrão construtivo da edificação escolhido para o estudo de caso foi de uma

residência unifamiliar com dois pavimentos totalizando 198,63 m², sendo o térreo com 153,30 m² e o pavimento superior com 45,33 m². Para definir a classificação foi consultado a NBR 12721:2005, as características de cada padrão estão representados abaixo pela tabela 7:

Quadro 5 – Características principais dos projetos-padrão

Fonte: Adaptado de NBR 12721:2005

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
Residência popular (RP1Q)		
Residência composta de dois dormitórios, sala, banheiro e cozinha.		
Área Real: 39,56 m²		

Observou-se que o projeto em estudo é classificado como Residência Padrão Normal (R1-N) segundo a NBR 12721:2005.

4.1 Projetos de arquitetura e complementares

Foi desenvolvido o projeto arquitetônico, elétrico, hidrosanitário e estrutural

(Anexo A, B, C e D), com a utilização do AutoCad, QiBuilder e Eberick, onde foram levantados os quantitativos necessários para execução das atividades que serão analisadas. O projeto arquitetônico gerou as informações necessárias para quantificar a área de fechamento interno e externo, a área de contrapiso e piso, já o projeto estrutural foi necessário para o levantamento da quantidade de concreto necessário para a execução de vigas, pilares e lajes.

4.2 Definição dos processos construtivos

Nesta etapa foi analisado quais processos construtivos seriam mais eficientes considerando a quantidade de mão de obra necessária, o custo de cada sistema analisado e o tempo necessário para execução.

Inicialmente foi analisado o tipo convencional de construção no Brasil, que é composto por pilares de concreto armado (feito ou não no canteiro) com fechamento em alvenaria convencional ou blocos de concreto, produção de contrapiso no canteiro e de forma convencional, piso em porcelanato, cerâmica ou madeira. Analisou-se então alguns sistemas construtivos que poderiam ser substituídos por outros visando os princípios da LC e para cada uma destas modificações foram criadas tabelas identificando a mudança em cada um dos processos, como também a vantagem que a modificação traz e fluxogramas mostrando os processos de cada uma das alternativas exploradas. A seguir serão apresentados os seguintes processos construtivos: Concretagem, fechamento externo, fechamento interno, execução de contrapiso e piso.

4.2.1 Concreto

Quadro 6 – Modificação com relação a concretagem

Fonte: O autor

Forma tradicional	Modificações com traços LC	Vantagens da modificação
--------------------------	-----------------------------------	---------------------------------

Concreto produzido no canteiro de obras	Concreto usinado com bombeamento	Reduz o estoque de materiais e diminui processos que não agregam valor (descarregar o material, colocá-lo no local de armazenamento, retirá-lo para produzir o concreto, produzir e transportá-lo até o local de destino.
---	----------------------------------	---

Figura 3 – Fluxograma dos processos do concreto produzido no canteiro de obras

Fonte: O autor

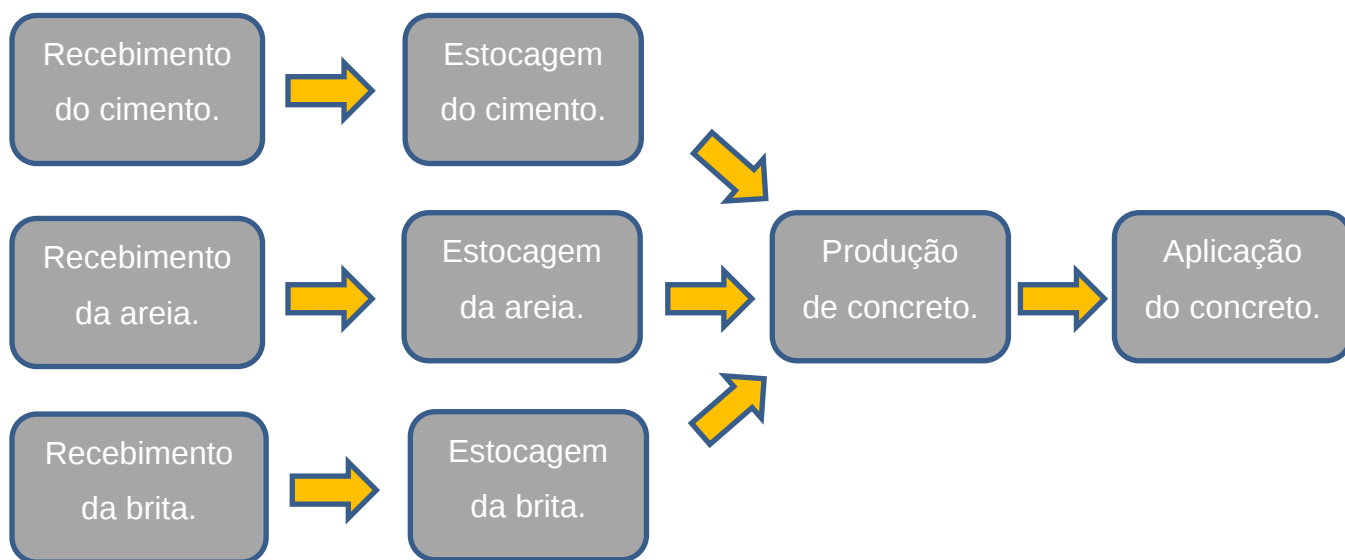
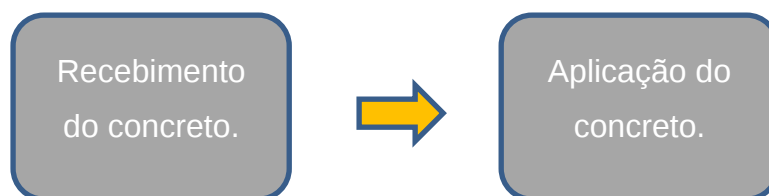


Figura 4 – Fluxograma dos processos do concreto usinado

Fonte: O autor



Pelos fluxogramas podemos notar que o concreto usinado reduz drasticamente o número de processos necessários para a aplicação do concreto, gerando maior agilidade para execução da mesma etapa, além disso não é necessário reservar um espaço para estocagem dos materiais, gerando mais organização no canteiro de obras e mais espaço para que outros processos possam utilizar o espaço que seria

destinado aos insumos desta etapa.

4.2.2 Fechamento externo

Quadro 7 – Modificação com relação ao fechamento externo

Fonte: O autor

Forma tradicional	Modificações com traços LC	Vantagens da modificação
Fechamento externo em alvenaria com argamassa de assentamento feita no canteiro de obras	Fechamento externo em alvenaria com argamassa usinada	Reduz o estoque de materiais volumosos que ocupariam grande parte do canteiro, além de reduzir processos como o transporte dos insumos até a betoneira para produção da argamassa e só depois transportar para o local de aplicação.

Figura 5 – Fluxograma dos processo da alvenaria com argamassa produzida no canteiro

Fonte: O autor

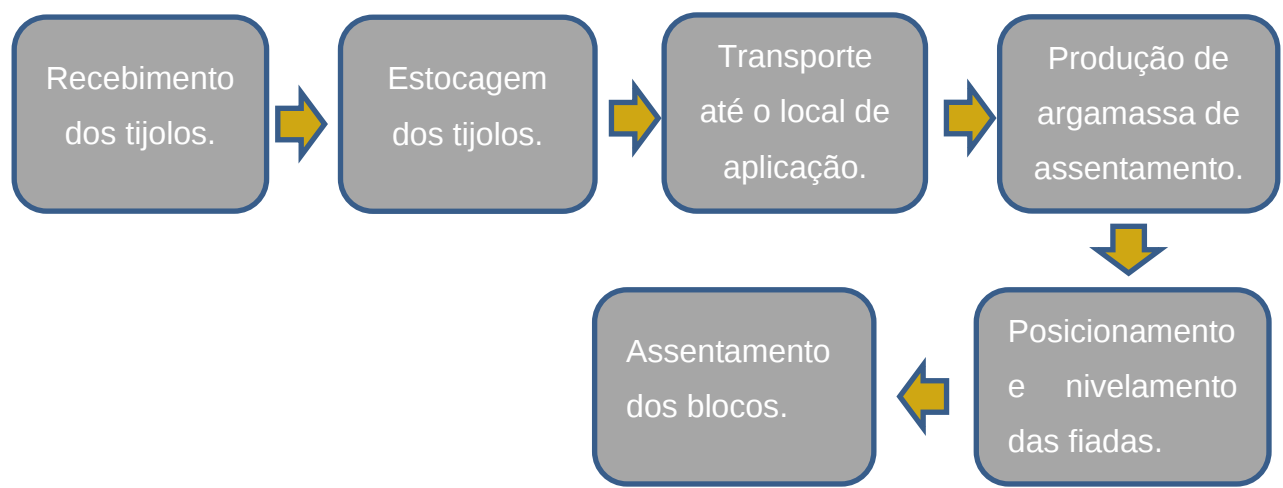
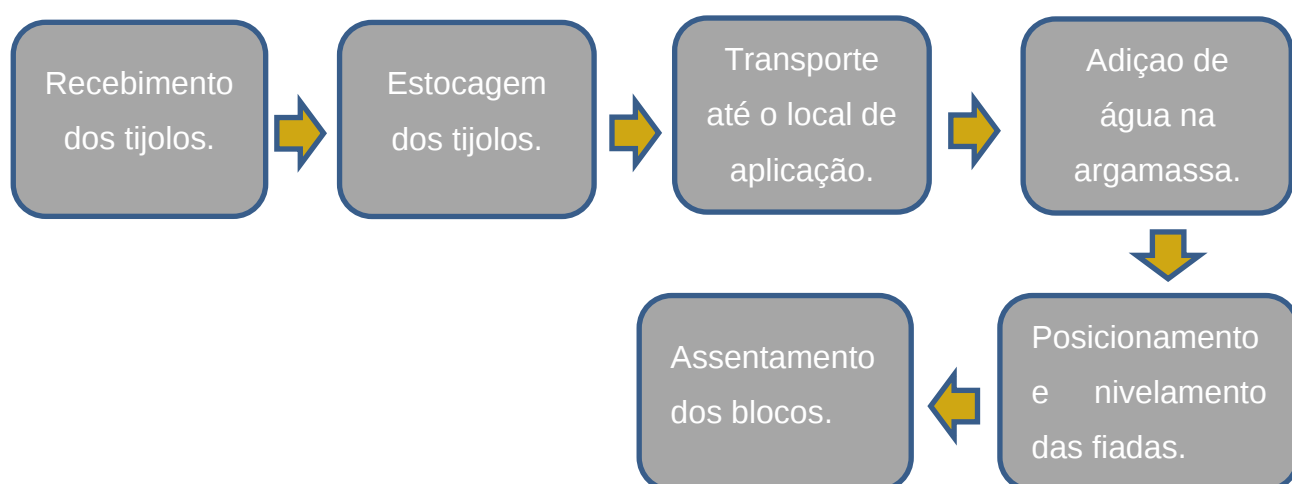


Figura 6 – Fluxograma dos processos da alvenaria com argamassa usinada

Fonte: O autor



De acordo com os fluxogramas podemos ver que os processos são bem semelhantes, porém para a alvenaria executada com argamassa feita no canteiro é necessário um espaço para estocagem dos insumos necessários para a produção da mesma, além de ter que transportar o material até a betoneira para ser feita a mistura e só depois é feito o transporte para o local de destino.

4.2.3 Fechamento interno

Quadro 8 – Modificação com relação ao fechamento interno

Fonte: O autor

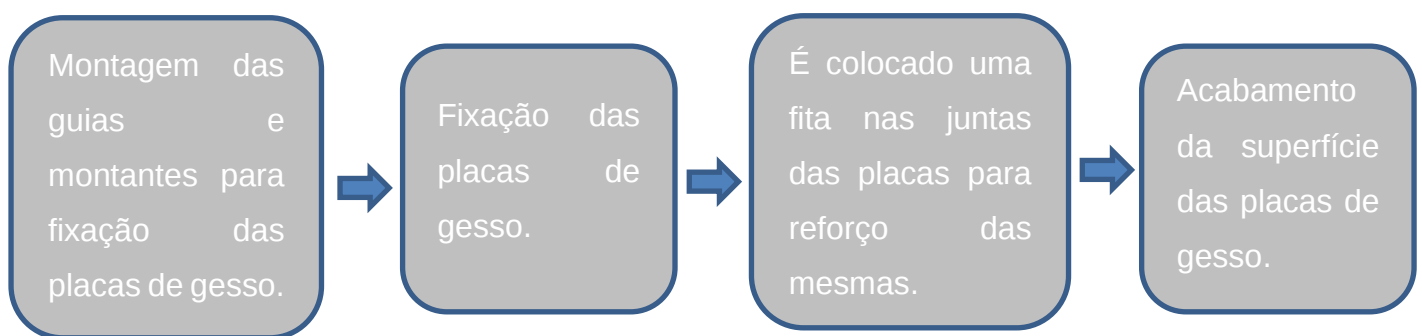
Forma tradicional	Modificações com traços LC	Vantagens da modificação
Fechamento interno em alvenaria.	Fechamento interno em <i>Drywall</i> .	Traz uma leveza maior a edificação, além de ter uma produtividade muito maior, pois não necessita de nivelamento como os blocos, já

vem com a superfície pronta para acabamento e gera uma menor quantidade de resíduos.

O fechamento interno feito com a alvenaria convencional segue os mesmos passos mostrado pela figura 6 e 7, já o fechamento com *Drywall* seguem os processos segundo a figura 8 abaixo:

Figura 7 – Fluxograma dos processos de fechamento com drywall

Fonte: O autor



Podemos ver que o processo de fechamento com *Drywall* é bem mais simples que o fechamento em alvenaria, além de gerar menos resíduos e facilitar a passagem das tubulações de energia e água, pelo fato da parede ter um espaço entre as duas placas que a compõe, os eletrodutos e as tubulações podem passar pelo vão sendo necessário cortar nas placas somente o local onde será instalado as caixinhas e os pontos de água.

4.2.4 Contrapiso

Quadro 9 – Modificação com relação ao contrapiso

Fonte: O autor

Forma tradicional	Modificações com traços LC	Vantagens da modificação
Contrapiso produzido no canteiro de obras.	Contrapiso feito com argamassa	Maior agilidade na execução do serviço, além de reduzir o

industrializada.	espaço necessário para estocagem dos materiais.
------------------	---

Figura 8 – Fluxograma dos processos de produção e execução do contrapiso no canteiro

Fonte: O autor

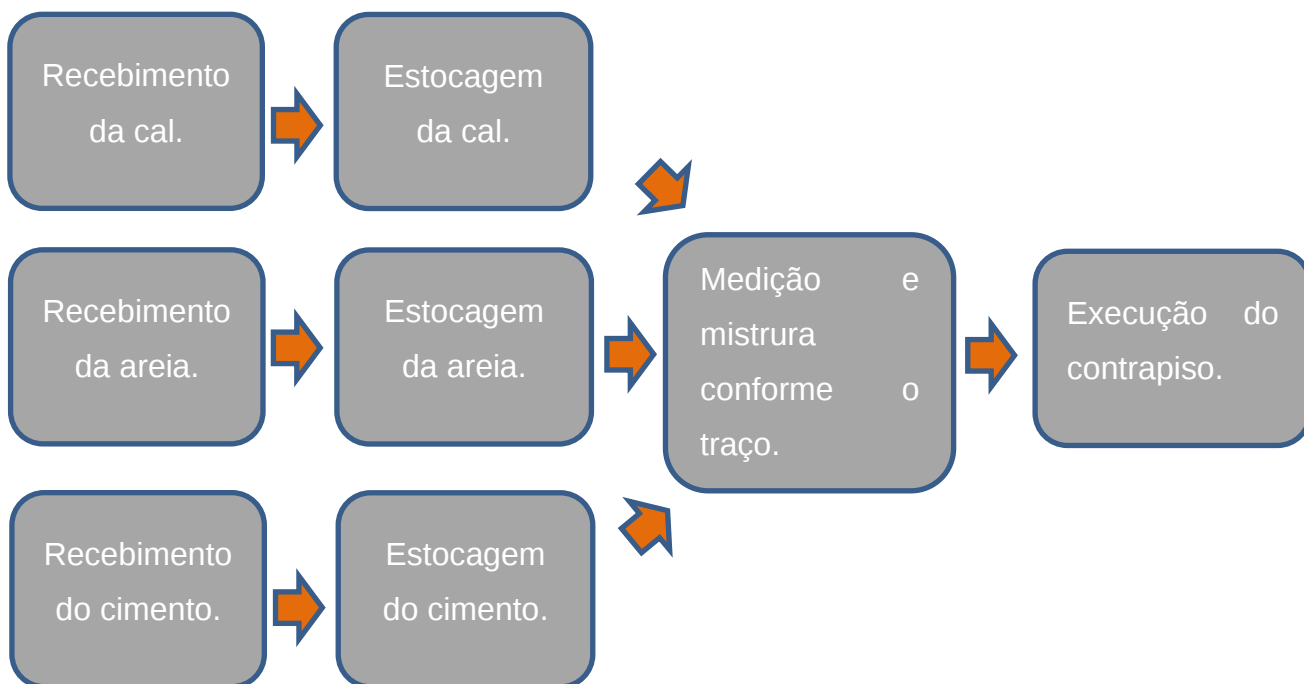
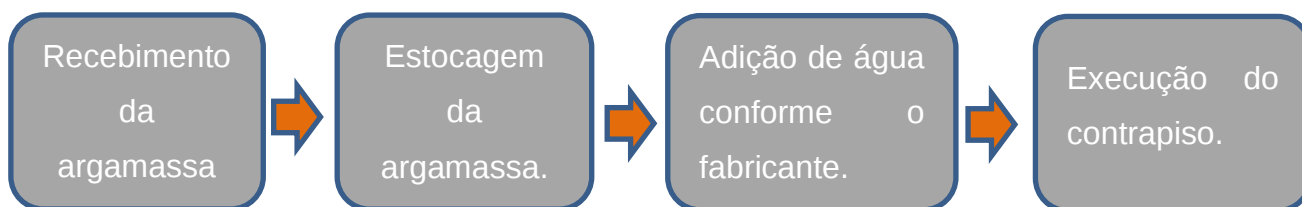


Figura 9 – Fluxograma dos processos de execução do contrapiso com argamassa industrializada

Fonte: O autor



Pela análise dos fluxogramas podemos ver que a argamassa industrializada retira vários processos que não agregam valor ao produto final, como o recebimento e estocagem de cada um dos insumos necessários para a produção do contrapiso no canteiro de obras, sendo necessário a estocagem de apenas um material que é a

argamassa industrializada. Também reduz desperdício de tempo para o transporte e fabricação do contrapiso na obra, tendo apenas que adicionar água e fazer a mistura para executar o contrapiso.

4.2.5 Piso

Quadro 10 – Modificação com relação ao piso

Fonte: O autor

Forma tradicional	Modificações com traços LC	Vantagens da modificação
Piso em porcelanato.	Piso laminado nos ambientes secos.	Execução muito rápida e um acabamento muito bom, na maioria dos casos a fornecedora do material já executa o serviço, podendo utilizar a própria mão de obra para outras demandas.

Figura 10 – Fluxograma dos processos de execução do piso em porcelanato

Fonte: O autor

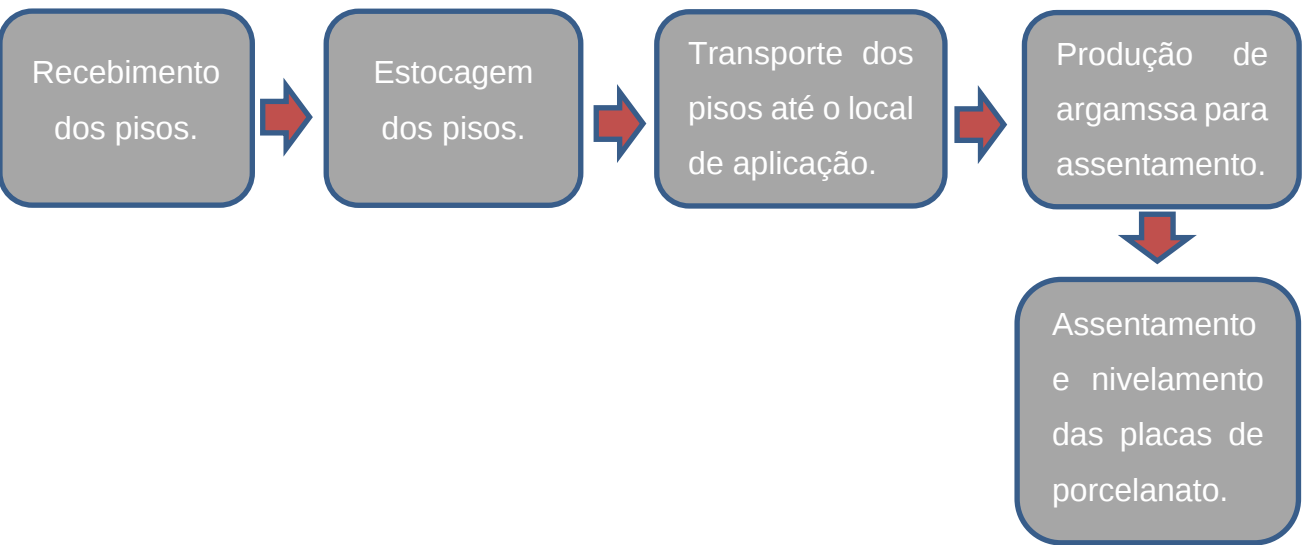
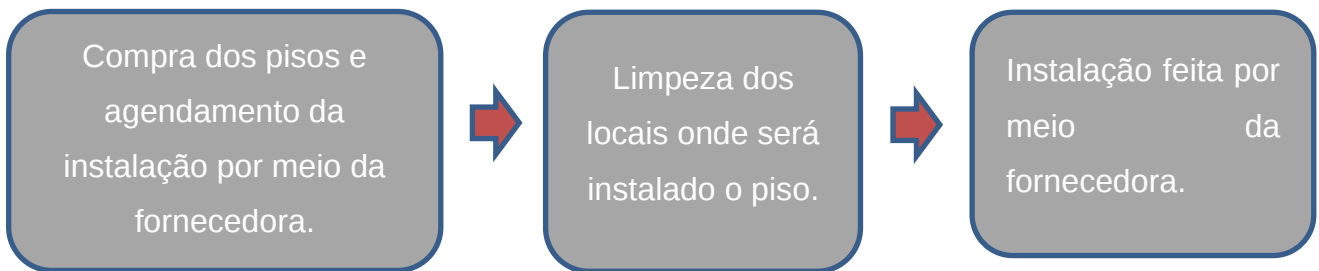


Figura 11 – Fluxograma dos processos de execução do piso laminado

Fonte: O autor



O piso laminado possui processos simples, por se tratar de um serviço em que tanto o material quanto a mão de obra e execução são por conta da contratada, o que permite que seja deslocado a equipe que faria o piso para outras etapas que tenham demanda. Uma grande vantagem do piso laminado é por ter uma instalação mais rápida e a geração de resíduos é inferior ao porcelanato.

5 RESULTADOS

Nesta etapa do trabalho será apresentado a composição de custos para cada tipo de execução de cada processo construtivo abordado no capítulo anterior, para cada processo será elaborado uma tabela referente aos custos de forma tradicional e outra tabela referente aos custos utilizando os princípios da FLC, por fim será elaborado uma tabela comparando os métodos analisados, levando em consideração o custo, o tempo e a mão de obra necessária para a execução.

5.1 Concreto

Na etapa de concretagem foi analisado duas maneiras de obtenção do concreto, a primeira alternativa foi o concreto produzido no canteiro de obras, a outra opção foi a utilização do concreto usinado e bombeado. Os resultados com relação ao concreto da obra estão de acordo com as tabelas abaixo:

Tabela 4 - Composição de custo para concreto produzido no canteiro de obras

Fonte: Adaptado TCPO 15ª edição

Composição para concreto de 25Mpa - Produzido no canteiro de obras				
Local destinado:	Vigas, Pilares, Lajes, Viga Baldrame e Sapatas			
Quantidade utilizada (m³):	29,83			
Código TCPO:	3R 04 23 14 00 00 00 15 23 - Concreto preparado na obra C25 S50, controle "B" - m³			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo Unitário	Custo Total
Servente	h	6,0000	R\$ 36,0600	R\$ 1.075,67
Areia média lavada	m³	0,5780	R\$ 103,5600	R\$ 3.089,19
Brita 1	m³	0,7120	R\$	R\$

			112,6000	3.358,86
Cimento CII - 32	kg	373,0000	R\$ 245,5100	R\$ 7.323,56
Betoneira	h	0,3060	R\$ 0,5967	R\$ 17,80
Total			R\$ 498,33	R\$ 14.865,09

Tabela 5 - Composição de custos do concreto usinado com bombeamento

Fonte: O autor

Composição para concreto de 25MPa - Usinado e Bombeado				
Local destinado:	Vigas, Pilares, Lajes, Viga Baldrame e Sapatas			
Quantidade utilizada (m³):	29,83			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo Unitário	Custo Total
Quantidade de concreto	m³	1,0000	R\$ 560,00	R\$ 16.704,80
Bombeamento	um	1,0000	R\$ 850,00	R\$ 850,00
Transporte (abaixo de 5m³)	m³		R\$ 200,00	R\$ 200,00
Total			R\$ 1.660,00	R\$ 17.554,80

Tabela 6 - Comparativo entre os dois tipos de concreto

Fonte: O autor

Comparativo entre os tipos de concreto		
Descrição	Mão de obra de ajudante	Custo total
Produzido no canteiro	178,98	R\$ 14.865,09
Usinado e bombeado	0	R\$ 17.554,80

Nesse caso observou que apesar do concreto usinado e bombeado possuir um custo maior com relação ao produzido no canteiro, a facilidade de transporte, a economia de espaço utilizado para a produção e o maior controle de qualidade do concreto são relevantes. Logo utilizar princípios da FLC se mostrou viável.

5.2 Fechamento externo

Com relação ao fechamento externo, foi analisado o fechamento em alvenaria com argamassa de assentamento feita no canteiro de obras em comparação com a argamassa usinada, os resultados estão de acordo com as tabelas abaixo:

Tabela 7 - Composição de custo de argamassa de assentamento

Fonte: Adaptado TCPO 15ª edição

Composição de argamassa de assentamento				
Local de aplicação:	Assentamento de tijolos cerâmicos			
Volume de argamassar (m³)	3,53			
Código TCPO	3R 05 06 17 00 00 00 17 27 - Argamassa mista de cimento, cal e areia traço 1:2:11, com betoneira - m³			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Servente	h	6,0000	R\$ 36,0600	R\$ 127,29
Areia média lavada e peneirada	m³	1,2200	R\$ 171,8004	R\$ 606,46
Cal hidratada CH III	kg	133,0000	R\$ 112,1855	R\$ 396,01
Cimento CP II E - 32	kg	133,0000	R\$ 71,8200	R\$ 253,52
Betoneira	h	0,3060	R\$	R\$

			0,5967	2,11
Total			R\$ 392,46	R\$ 1.385,39

Tabela 8 - Composição de custo do assentamento de tijolo com argamassa produzida no canteiro

Fonte: Adaptado TCPO 15ª edição

Composição de assentamento de tijolo convencional - argamassa feita no canteiro				
Área de fechamento (m²):	352,385			
Código TCPO	3R 05 05 12 00 00 00 00 05 25 - Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados 9x19x19cm furos horizontais, espessura da parede 9cm, juntas de 10mm com argamassa mista de cimento, cal e areia traço 1:2:11 - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,6400	R\$ 5,4976	R\$ 1.937,27
Servente	h	0,3800	R\$ 2,2838	R\$ 804,78
Bloco cerâmico furado de vedação 19x19x9	Un	26,2500	R\$ 30,7125	R\$ 10.822,62
Argamassa mista de cimento cal e areia traço 1:2:11	m³	0,0138	R\$ 5,4159	R\$ 1.908,48
Total			R\$ 43,91	R\$ 15.473,15

Tabela 9 - Composição de custo de assentamento de tijolo com argamassa usinada
Fonte: Adaptado TCPO 15ª edição

Composição de assentamento de tijolo convencional - argamassa usinada				
Área de fechamento (m²):	352,385			
Código TCPO	3R 05 05 12 00 00 00 00 05 25 - Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados 9x19x19cm furos horizontais, espessura da parede 9cm, juntas de 10mm com argamassa usinada - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,6400	R\$ 5,4976	R\$ 1.937,27
Servente	h	0,3800	R\$ 2,2838	R\$ 804,78
Bloco cerâmico furado de vedação 19x19x9	Un	26,2500	R\$ 30,7125	R\$ 10.822,62
Argamassa usinada	kg	9,6200	R\$ 6,2482	R\$ 2.201,77
Total			R\$ 44,74	R\$ 15.766,44

Tabela 10 - Comparativo dos métodos para assentamento dos tijolos

Fonte: O autor

Comparativo entre tipos de argamassa utilizada para assentamento de alvenaria			
Descrição	M.O pedreiro	M.O ajudante	Custo total
Argamassa produzida no canteiro	225,5264	155,0863	R\$ 15.473,15
Argamassa usinada	225,5264	133,9063	R\$ 15.766,44

Com relação ao fechamento externo, temos um custo ligeiramente inferior da argamassa de assentamento produzida no canteiro para a utilização da argamassa usinada, o que torna os benefícios da argamassa usinada muito mais relevantes se comparado a este acréscimo no custo. Logo utilizar princípios da FLC se mostrou viável.

5.3 Fechamento interno

Tabela 11 - Composição de custo para produção de argamassa de assentamento

Fonte: Adaptado TCPO 15° Edição

Composição de argamassa de assentamento				
Local de aplicação:	Assentamento de tijolos cerâmicos			
Volume de argamassar (m³)	1,1612			
Código TCPO	3R 05 06 17 00 00 00 17 27 - Argamassa mista de cimento, cal e areia traço 1:2:11, com betoneira - m³			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Servente	h	6,0000	R\$ 36,0600	R\$ 41,87
Areia média lavada e peneirada	m³	1,2200	R\$ 171,8004	R\$ 199,49
Cal hidratada CH III	kg	133,0000	R\$ 112,1855	R\$ 130,27
Cimento CP II E - 32	kg	133,0000	R\$ 71,8200	R\$ 83,40
Betoneira	h	0,3060	R\$ 0,5967	R\$ 0,69
Total			R\$ 392,46	R\$ 455,73

Tabela 12 - Composição de custo para assentamento de tijolo com argamassa produzida no canteiro de obras

Fonte: Adaptado TCPO 15ª edição

Composição de assentamento de tijolo convencional - argamassa feita no canteiro				
Área de fechamento (m²):	116,12			
Código TCPO	3R 05 05 12 00 00 00 00 05 25 - Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados 9x19x19cm furos horizontais, espessura da parede 9cm, juntas de 10mm com argamassa mista de cimento, cal e areia traço 1:2:11 - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,6400	R\$ 5,4976	R\$ 638,38
Servente	h	0,3800	R\$ 2,2838	R\$ 265,19
Bloco cerâmico furado de vedação 19x19x9	Un	26,2500	R\$ 30,7125	R\$ 3.566,34
Argamassa mista de cimento cal e areia traço 1:2:11	m³	0,0138	R\$ 5,4160	R\$ 628,90
Total			R\$ 43,91	R\$ 5.098,82

Tabela 13 - Composição de custo para assentamento de tijolo com argamassa usinada

Fonte: Adaptado TCPO 15° edição

Composição de assentamento de tijolo convencional - argamassa usinada				
Área de fechamento (m²):	116,12			
Código TCPO	3R 05 05 12 00 00 00 00 05 25 - Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados 9x19x19cm furos horizontais, espessura da parede 9cm, juntas de 10mm com argamassa usinada - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,6400	R\$ 5,4976	R\$ 638,38
Servente	h	0,3800	R\$ 2,2838	R\$ 265,19
Bloco cerâmico furado de vedação 19x19x9	Un	26,2500	R\$ 30,7125	R\$ 3.566,34
Argamassa usinada	kg	9,6200	R\$ 6,2482	R\$ 725,54
Total			R\$ 44,74	R\$ 5.195,45

Tabela 14 - Composição de custos para fechamento em *Drywall*

Fonte: O autor

Composição de custos para fechamento interno com Drywall			
Área de fechamento (m²)	Standart / Resistente a Umidade	57	60

Descrição	Unidade	Custo unitário	Custo Total
Fechamento em Drywall placa standart	m ²	R\$ 101,75	R\$ 5.800,00
Fechamento em Drywall placa resistente a umidade	m ²	R\$ 132,50	R\$ 7.950,00
Total		R\$ 234,25	R\$ 13.750,00

Tabela 15 - Comparativo entre os métodos para assentamento dos tijolos

Fonte: O autor

Comparativo entre tipos de argamassa utilizada para assentamento de alvenaria			
Descrição	M.O pedreiro	M.O ajudante	Custo total
Alvenaria com argamassa produzida no canteiro	74,3168	51,0928	R\$ 5.098,82
Alvenaria com argamassa usinada	74,3168	44,1256	R\$ 5.195,45
<i>Drywall</i>	0	0	R\$ 13.750,00

A partir dos resultados obtidos, foi observado que o fechamento em *Drywall* ficou 270% mais caro, e mesmo com a agilidade para aplicação e a menor demanda por mão de obra o método não é viável. Então foi analisado o fechamento em *Drywall* apenas nas áreas secas e manteve a alvenaria nas áreas úmidas. Os resultados estão de acordo com as tabelas abaixo:

Tabela 16 - Composição de custo para assentamento de tijolo nas áreas molhadas com argamassa feita no canteiro

Fonte: Adaptado TCPO 15° edição

Composição de assentamento de tijolo convencional - argamassa feita no canteiro				
Área de fechamento (m²):	60			
Código TCPO	3R 05 05 12 00 00 00 00 05 25 - Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados 9x19x19cm furos horizontais, espessura da parede 9cm, juntas de 10mm com argamassa mista de cimento, cal e areia traço 1:2:11 - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,6400	R\$ 5,4976	R\$ 329,86
Servente	h	0,3800	R\$ 2,2838	R\$ 137,03
Bloco cerâmico furado de vedação 19x19x9	Um	26,2500	R\$ 30,7125	R\$ 1.842,75
Argamassa mista de cimento cal e areia traço 1:2:11	m³	0,0138	R\$ 5,4160	R\$ 324,96
Total			R\$ 43,91	R\$ 2.634,59

Tabela 17 - Composição de custo para assentamento de tijolo nas áreas molhadas com argamassa usinada

Fonte: Adaptado TCPO 15° edição

Composição de assentamento de tijolo convencional - argamassa usinada				
Área de fechamento (m²):	60			
Código TCPO	3R 05 05 12 00 00 00 00 05 25 - Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados 9x19x19cm furos horizontais, espessura da parede 9cm, juntas de 10mm com argamassa usinada - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,6400	R\$ 5,4976	R\$ 329,86
Servente	h	0,3800	R\$ 2,2838	R\$ 137,03
Bloco cerâmico furado de vedação 19x19x9	un	26,2500	R\$ 30,7125	R\$ 1.842,75
Argamassa usinada	kg	9,6200	R\$ 6,2482	R\$ 374,89
Total			R\$ 44,74	R\$ 2.684,53

Tabela 18 – Composição de custo de fechamento em *Drywall* áreas secas

Fonte: O autor

Composição de custos para fechamento interno com Drywall			
Área de fechamento (m²)	Sdt	57	
Descrição	Unidade	Custo unitário	Custo Total
Fechamento em <i>Drywall</i> placa standart	m²	R\$ 101,75	R\$ 5.800,00
Total		R\$ 101,75	R\$ 5.800,00

Tabela 19 - Comparativo entre os métodos de execução do fechamento interno

Fonte: O autor

Comparativo entre os métodos de execução					
Descrição	M.O pedreiro	M.O ajudante	Custo alvenaria	Custo drywall	Custo total
Fechamento com alvenaria utilizando argamassa feita no canteiro	74,3168	51,0928	R\$ 5.098,82	-	R\$ 5.098,82
Fechamento com alvenaria utilizando argamassa usinada	74,3168	44,1256	R\$ 5.195,45	-	R\$ 5.195,45
Fechamento em Drywall nas áreas secas e alvenaria nas áreas molhadas (argamassa produzida)	38,4	29,77	R\$ 2.634,59	R\$ 5.800,00	R\$ 8.434,59
Fechamento em Drywall nas áreas secas e alvenaria nas áreas molhadas (argamassa usinada)	38,4	22,8	R\$ 2.684,53	R\$ 5.800,00	R\$ 8.484,53
Fechamento em Drywall em toda área interna	0	0	-	R\$ 13.750,00	R\$ 13.750,00

Mesmo com o sistema misto com *Drywall* e alvenaria, o custo para execução do fechamento é consideravelmente superior a alvenaria convencional, o que torna a execução com argamassa usinada mais econômica e consequentemente mais viável. Analisando os dois tipos de fechamento em alvenaria convencional, o que utiliza a

argamassa usinada se torna mais viável, pelos mesmo motivos citados no fechamento externo. Logo utilizar princípios da FLC se mostrou viável.

5.4 Contrapiso

Nesta etapa foi analisado a execução do contrapiso feito com argamassa produzida no canteiro de obras em comparação com a execução do mesmo com argamassa usinada. Os resultados estão de acordo com as tabelas abaixo:

Tabela 20 - Composição de custos para produção de argamassa para contrapiso

Fonte: Adaptado TCPO 15º edição

Composição de argamassa para contrapiso				
Local de aplicação	Contrapiso			
Quantidade utilizada (m³):	5,1			
Código TCPO	3R 05 06 17 00 00 00 15 25 - Argamassa de cimento e areia, traço 1:3 - m³			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Servente	h	10,000	R\$ 60,10	R\$ 306,51
Areia Média Lavada	m³	1,220	R\$ 171,80	R\$ 876,18
Cimento CII E - 32	kg	486,000	R\$ 319,89	R\$ 1.631,41
Betoneira	h	0,306	R\$ 0,60	R\$ 3,04
Total			R\$ 552,38	R\$ 2.817,15

Tabela 21 - Composição de custo para execução do contrapiso feito no canteiro de

obras

Fonte: Adaptado TCPO 15ª edição

Composição da execução do contrapiso feito no canteiro de obras				
Área de contrapiso (m²):	170			
Código TCPO	3R 10 61 10 00 00 00 10 29 - Regularização sarrafeada de base para revestimento de piso com argamassa de cimento e areia # 3cm - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,250	R\$ 2,15	R\$ 365,08
Servente	h	0,250	R\$ 1,50	R\$ 255,43
Argamassa mista de cimento e areia traço 1:3	m³	0,030	R\$ 16,57	R\$ 2.817,15
Total			R\$ 20,22	R\$ 3.437,65

Tabela 22 - Composição de custo para execução de contrapiso com argamassa usinada

Fonte: O autor

Composição da execução de contrapiso com argamassa usinada - 3cm				
Volume de contrapiso (m²)	170			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,25	R\$	R\$

			2,15	365,08
Servente	h	0,25	R\$ 1,50	R\$ 255,43
Argamassa para contrapiso	kg	53,4	R\$ 26,79	R\$ 4.553,52
Total			R\$ 30,44	R\$ 5.174,02

Tabela 23 - Comparação entre os tipos de execução do contrapiso

Fonte: O autor

Comparação entre os métodos de execução do contrapiso			
Descrição	M.O Pedreiro	M.O Ajudante	Custo Total
Contrapiso feito no canteiro	42,5	93,5	R\$ 3.437,65
Contrapiso com argamassa usinada	42,5	42,5	R\$ 5.174,02

Na execução do contrapiso, foi possível observar que o método utilizando argamassa usinada teve um custo consideravelmente maior, tendo uma redução de mão de obra com relação ao método produzido no canteiro que não viabiliza o método. Logo utilizar princípios da FLC não se mostrou viável.

5.5 Piso

Foi analisado duas formas para execução do piso nas áreas secas do projeto, as opções foram piso em porcelanato e piso laminado, sendo que o segundo foi orçado com todo o serviço terceirizado (tanto material quanto a instalação por conta da empresa contratada). Os resultados estão descritos nas tabelas abaixo:

Tabela 24 - Composição de custo para execução de porcelanato

Fonte: Adaptado TCPO 15ª edição

Composição da execução de piso em porcelanato polido				
Área com revestimento (m²)	76,66			
Código TCPO	3R 10 64 00 00 00 00 05 14 - Porcelanato polido 40 x 40 cm assentado com argamassa pré fabricada de cimento colante - m²			
Descrição	Unidade	Consumo unitário	Custo unitário	Custo total
Pedreiro	h	0,44	R\$ 3,78	R\$ 289,74
Servente	h	0,22	R\$ 1,32	R\$ 101,36
Argamassa pré-fabricada de cimento colante para assentamento de peças cerâmicas.	kg	9,0	R\$ 10,76	R\$ 824,48
Porcelanato polido de 62,5 x 62,5 cm x 8,3 mm (adaptado pois não foi encontrado piso com as medidas especificadas).	m²	1,19	R\$ 83,18	R\$ 6376,66
Total			R\$ 99,04	R\$ 7.592,24

Tabela 25 - Composição de custo para execução de piso laminado

Fonte: O autor

Composição de custos execução piso laminado			
Área com o revestimento	76,66		
Descrição	Unidade	Custo unitário	Custo total

Serviço de fornecimento e instalação de piso laminado eucafloor cacau marfim com rodapé	m ²	R\$ 110,00	R\$ 8.432,60
Total		R\$ 110,00	R\$ 8.432,60

Tabela 26 - Comparativo entre os tipos de piso

Fonte: O autor

Comparativo entre os tipos de execução do piso			
Descrição	M.O ajudante	M.O pedreiro	Custo total
Porcelanato	16,8652	33,7304	R\$ 7.592,24
Piso laminado	0	0	R\$ 8.432,60

Ao analisar os resultados obtidos para a execução do piso, observou-se que o custo do piso em porcelanato foi menor se comparado ao piso laminado, entretanto o piso laminado não necessita de mobilização da mão de obra para execução, pois o fornecimento e instalação é de responsabilidade do fornecedor que possui mão de obra especializada, garantindo a perfeita execução conforme as orientações do fabricante, uma maior rapidez para instalação e uma redução dos resíduos gerados na instalação. Logo utilizar princípios da FLC se mostrou viável.

6 DISCUSSÕES

Após o levantamento dos insumos e seus respectivos custos para cada método construtivo de forma tradicional e com traços da FLC das etapas: concretagem, fechamento externo, fechamento interno, contrapiso e piso, foi possível realizar o comparativo para cada uma delas. As conclusões parciais evidenciaram que na maior parte das alternativas analisadas, a execução com traços da FLC se mostrou viável. Afim de facilitar a discussão dos resultados, segue abaixo a tabela 37 com os comparativos dos processos analisados:

Tabela 27 - Resultados obtidos

Fonte: O autor

RESULTADOS OBTIDOS			
Métodos	M.O pedreiro	M.O ajudante	Custo total
CONCRETO			
Produzido no canteiro	0	178,98	R\$ 14.865,09
Usinado e bombeado*	0	0	R\$ 17.554,80**
FECHAMENTO EXTERNO			
Fechamento com argamassa produzida no canteiro	225,53	155,09	R\$ 15.473,15
Fechamento com argamassa usinada*	225,53	133,91	R\$ 15.766,44**
FECHAMENTO INTERNO			
Fechamento com argamassa produzida no canteiro	74,32	51,09	R\$ 5.098,82
Fechamento com argamassa usinada*	74,32	44,13	R\$ 5.195,45**
Fechamento em <i>Drywall</i> *	0	0	R\$

			13.750,00
Fechamento em <i>Drywall</i> (área secas) e alvenaria com argamassa produzida no canteiro (área molhada)*	38,4	29,77	R\$ 8.434,59
Fechamento em <i>Drywall</i> (área secas) e alvenaria com argamassa usinada (área molhada)*	38,4	22,8	R\$ 8.484,53
CONTRAPISO			
Contrapiso produzido no canteiro	42,5	93,5	R\$ 3.437,65**
Contrapiso com argamassa usinada*	42,5	42,5	R\$ 5.174,02
PISO			
Porcelanato	33,73	16,86	R\$ 7.592,24
Piso laminado*	0	0	R\$ 8.432,60**

* Alternativa que utiliza traços da FLC.

**Alternativa com melhor custo/benefício.

Com relação a **concretagem** nota-se que o concreto bombeado ficou por volta de 18% mais caro que o concreto produzido no canteiro. Entretanto este investimento é interessante devido a redução de quase 180 horas de M.O de ajudante necessária para produção do concreto no canteiro e eliminar desperdícios que não agregam valor ao produto final, como é a questão do transporte do concreto produzido até o local de aplicação. Podendo deslocar esta mão de obra economizada para executar outros serviços.

Para o **fechamento externo**, observou-se que o custo da argamassa usinada (tanto interna quanto externa) é aproximadamente 2% mais cara em relação ao custo da argamassa produzida no canteiro de obras. Em contrapartida a mão de obra de ajudante necessária para a argamassa usinada é 14% menor do que a argamassa

produzida no canteiro, e também demanda menor espaço no canteiro para estocagem desse material o que resulta em um processo mais ágil e um canteiro mais limpo e organizado.

A respeito do **fechamento interno** percebe-se que o sistema todo em *Drywall* tem um valor muito acima do método tradicional (270%). Ao testar uma hipótese de um sistema misto (alvenaria nas áreas molhadas e *Drywall* nas áreas secas) houve uma redução (cerca de 62%) com relação ao sistema que envolvia maiores princípios da FLC (sistema em *Drywall*). Porém os custos de um sistema misto também é superior as duas alternativas utilizando blocos cerâmicos, alvenaria feita com argamassa produzida no canteiro e a alvenaria com argamassa usinada, onde o sistema misto se mostrou superior cerca de 65% e 63% respectivamente. Neste caso tanto o sistema todo em *drywall* quanto o sistema misto não se mostraram viáveis, mesmo com a redução de mão de obra para execução tanto do sistema todo em *Drywall* quanto o sistema misto (em média 48% em mão de obra de pedreiro e 44% em mão de obra de ajudante). Assim, a alternativa de utilizar a argamassa usinada possui maiores benefícios como evidenciado no fechamento externo.

Sobre o **contrapiso** foi possível concluir que a redução de 54% de M.O de ajudante vista no método utilizando argamassa usinada não foi suficiente para justificar o aumento de aproximadamente 51% referente ao custo para produção do contrapiso no canteiro de obras, o que inviabiliza a utilização do método que contém princípios da FLC para execução deste processo construtivo.

Com relação ao **piso**, percebe-se que o laminado teve um custo 11% superior com relação ao porcelanato, porém quando se analisa a mão de obra necessária, o piso em porcelanato demanda cerca 50,6 horas de mão de obra (incluindo pedreiro e ajudante) já o laminado não demanda mão de obra para instalação, pois as empresas solicitadas entregam material e mão de obra para execução. Este ganho em mão de obra poderia ser realocado para a realização de outros serviços.

Após as análises parciais, a tabela 38 sintetiza o método mais viável e o motivo de sua escolha.

Quadro 11 – Análise dos métodos construtivos para cada etapa

Fonte: O autor

Processo analisado	Método mais viável	Motivos que levaram a escolha
Concretagem	Concreto bombeado*	Apesar do custo ser 18% mais elevado, o concreto usinado possui um maior controle de qualidade quando se comparado com o produzido no canteiro, onde pode haver erro nas dosagens e falhas humanas. Além deste ponto é importante citar que o concreto usinado já chega pronto para ser utilizado, o que otimiza espaço no canteiro de obras e deixa a obra mais limpa, além de gerar menores desperdícios.
Fechamento externo	Fechamento utilizando argamassa usinada*	A facilidade para produção da argamassa e a redução do espaço necessário para estocagem dos insumos são benefícios muito mais consideráveis que o custo ligeiramente maior (2%) da argamassa produzida no canteiro de obras.
Fechamento interno	Fechamento utilizando argamassa usinada*	Apesar do <i>Drywall</i> ter uma execução mais ágil, ser mais leve e gerar menos resíduos, o aumento do custo (270%) com relação a alvenaria convencional é bastante considerável. O método misto também apresentou um custo mais alto (em média 64%) se comparado ao fechamento em alvenaria. Portanto a alternativa mais viável seria a argamassa usinada pelos mesmos benefícios citados no fechamento externo.
Contrapiso	Contrapiso com argamassa produzida no canteiro	O custo de 51% superior ao contrapiso produzido no canteiro é considerável. Logo os benefícios da argamassa usinada não são relevantes. Este foi o único processo que o método tradicional se mostrou mais viável em relação ao método que

utiliza traços da FLC.

Piso	Piso laminado*	Embora o custo do piso laminado seja 11% maior, ele possui uma execução consideravelmente mais rápida, instalação feita pelo próprio fornecedor e menores desperdícios com relação ao piso em porcelanato.
-------------	----------------	--

* Alternativa que utiliza traços da FLC.

Observou-se que as alternativas utilizando traços do *Lean Construction* trouxeram muitos benefícios na maioria dos processos construtivos analisados, sendo eles:

- O concreto bombeado, onde houve redução de horas de mão de obra para produção e do desperdício de tempo e material no transporte do concreto.
- No fechamento externo, a argamassa usinada se mostrou mais viável pela redução de espaço necessário para estoque dos insumos e facilidade na produção da argamassa.
- Com relação ao fechamento interno ainda que a alternativa utilizando *Drywall* tenha custo superior nos dois tipos de aplicação (totalmente em *Drywall* e o sistema misto), a alternativa utilizando argamassa usinada traz os mesmos benefícios citados no fechamento externo.
- No processo de execução do piso, o laminado se mostrou mais viável trazendo maior agilidade de instalação e não é necessário a mobilização de mão de obra para sua instalação, o que representa um ganho de tempo para execução de outros serviços ou redução do tempo total da obra.
- Na parte do contrapiso, o método tradicional se mostrou mais viável principalmente pelo custo significativamente inferior.

O custo total dos processos analisados foi R\$50.386,94, sendo que destes R\$3.919,99 é o custo adicional (aproximadamente 7,7%) para se ter os benefícios do LC. A substituição dos métodos construtivos também trouxeram uma redução de 257,71 horas de mão de obra (incluindo pedreiro e servente) o que representa uma redução de aproximadamente 35% com relação aos métodos tradicionais substituídos.

Desta forma constata-se que para a obra em estudo (anexo A), a melhor alternativa para a execução dos processos construtivos analisados seria a primazia dos métodos que utilizam traços da FLC, trazendo ganhos em agilidade e redução de processos que não agregam valor ao produto final, a exceção do processo de execução do contrapiso em que o método tradicional se mostrou mais viável.

7 CONCLUSÕES

Após o levantamento dos dados do projeto arquitetônico e seus complementares, o levantamento dos custos e insumos para cada método de execução de forma tradicional e utilizando princípios da FLC, foi possível a comparação dos métodos para verificar a viabilidade da aplicação total ou parcial da filosofia LC em substituição aos métodos tradicionais para construção de uma residência unifamiliar.

Conforme os resultados obtidos, conclui-se que as alternativas escolhidas levando em consideração a filosofia *Lean Construction* para aplicação no estudo de caso tiveram sucesso em diversos quesitos, como: redução no tempo de ciclo das atividades, eliminação de processos que não agregam valor ao produto final e redução de desperdícios tanto de material quanto de tempo, o que aumenta a produtividade e agilidade na execução da obra. Para alcançar estes benefícios foi necessário um aumento no custo dos processos analisados de 7,7%, ainda assim defende-se que os benefícios são interessantes.

De acordo com a bibliografia e os trabalhos analisados, este resultado evidencia que além de obras de grande porte e também obras onde há repetitividade dos processos, residências unifamiliares também podem ser beneficiadas com a utilização da FLC. Por meio da otimização nos processos, fluxos, na gestão de obras e na produtividade dos colaboradores podemos ter uma grande evolução no setor da construção civil no Brasil. A filosofia *Lean Construction* é uma grande aliada para o crescimento do setor, onde suas ferramentas e seus princípios tem foco na melhoria da qualidade do produto, na redução de processos para obtenção do mesmo resultado e de agilidade para conclusão da obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721: Critérios para avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios e edifícios (Procedimento)**. Rio de Janeiro, 2005. p.13.

BENETTI, Heloiza Piassa. SILVA, Ildeivan. BELLEI, Eduardo. **Classificar empresas construtoras quanto ao grau de aplicação de ferramentas lean**. VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2012.

CASSAR, Bernardo Camargo. **Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais: alvenaria convencional e light steel frame**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, set. 2018. Disponível UNIVERSIDADE PARANAENSE – UNIPAR Curso de Engenharia Civil - Campus Guaíra TFC 2020 – TRABALHO FINAL DE CURSO 10 em: . Acessado em: 20 jul. 2020.

ERIKSSON, E. Improving construction supply chain collaboration and performance: a lean construction pilot project. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 15, n. 5, p. 394 – 403, 2010.

DE LIMA ALVARENGA, Maria Gabriela; CARVALHO, Ramon Silva; SPERANZA, Daniel Hecht. CONSTRUÇÃO ENXUTA: DEFINIÇÃO E APLICAÇÕES NO CANTEIRO DE OBRAS. **REVISTA DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA**, v. 11, n. 3, p. páginas 16-27, 2019.

FORMOSO, C. T. Lean Construction: princípios básicos e exemplos. In: **Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras**. Porto Alegre, v. 15, p. 50- 58, 2002.

GHINATO, Paulo. Produção & competitividade: aplicações e inovações. **Recife: Editora da UFPE**, 2000.

Humberto Dias. **ANÁLISE DOS PRINCÍPIOS DO LEAN CONSTRUCTION: EM UMA CONSTRUTORA NA GRANDE FLORIANÓPOLIS-SC.** Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade, v. 1, n. 5, p. 197-247, 2021.

JUNIOR, Ferreira; GERALDO, Edercy. **Lean construction: caso de aplicação na construção de um edifício residencial.** 2018. 54f. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2018.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Stanford, EUA, CIFE, Agosto 1992. **Technical Report No 72.**

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Tradução de Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005. Título original: The Toyota way.

LUCENA, Ygho Rufino de. **Aplicação da filosofia Lean Construction em uma obra de um Conjunto Habitacional.** 2020. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia), Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2020.

MANZIONE, L. **Projeto e Execução de Alvenaria Estrutural.** São Paulo: Ed. O Nome da Rosa.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção - Além da Produção em Larga Escala.** Porto Alegre: Editora Bookman, 1997.

PEREIRA, Brendo Yuri; LARA, Lucas Félix. **Comparativo do Sistema Construtivo de Parede de Concreto ao Sistema de Alvenaria Convencional.** TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 39p. 2018.

PINI. **O que é base TCPO**, c2016. Disponível em:

<https://tcpoweb.pini.com.br/home/base_tcpo.html>. Acesso em: 05 de jul de 2022.

REGATTIERI, C. E.; SILVA, L. L. R. **Ganhos potenciais na utilização da argamassa industrializada**. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/1302079-Ganhos-potencias-na-utilizacao-da-argamassa-industrializada.html>>. Acesso em: 30 de jun de 2022.

SANTIAGO, A. K.; ARAÚJO, E. C. de. **Sistema LSF como fechamento externo vertical industrializado**. 2008. Brasil – São Paulo. Congresso latino-americano da construção metálica. 2008.

SANTOS, Everton de Britto et al. **Implantação dos princípios e ferramentas da lean construction: um estudo de caso em um condomínio residencial multifamiliar na cidade de Maringá-PR**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SILVA, Maria Angélica Covelo. **Identificação e análise dos fatores que afetam a produtividade sob a ótica dos custos de produção de empresas de Edificações**.

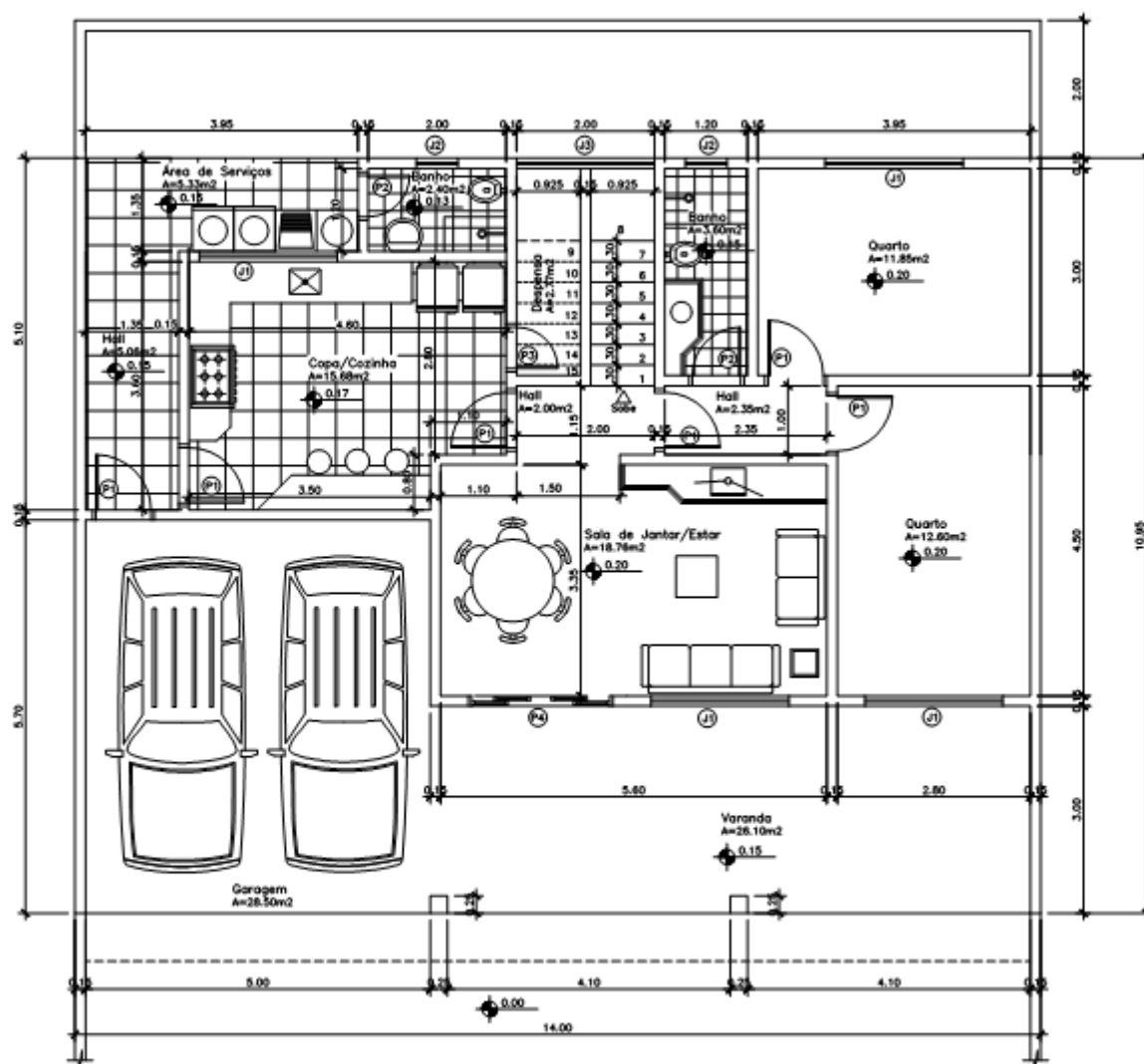
SHINGO, S. **Sistema toyota de produção**: do ponto-de-vista de engenharia de produção. Porto Alegre: Bookmann, 1996.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. Lean thinking. **Banish waste and create wealth in your corporation**, ProdPress. com, Wroclaw, 2008.

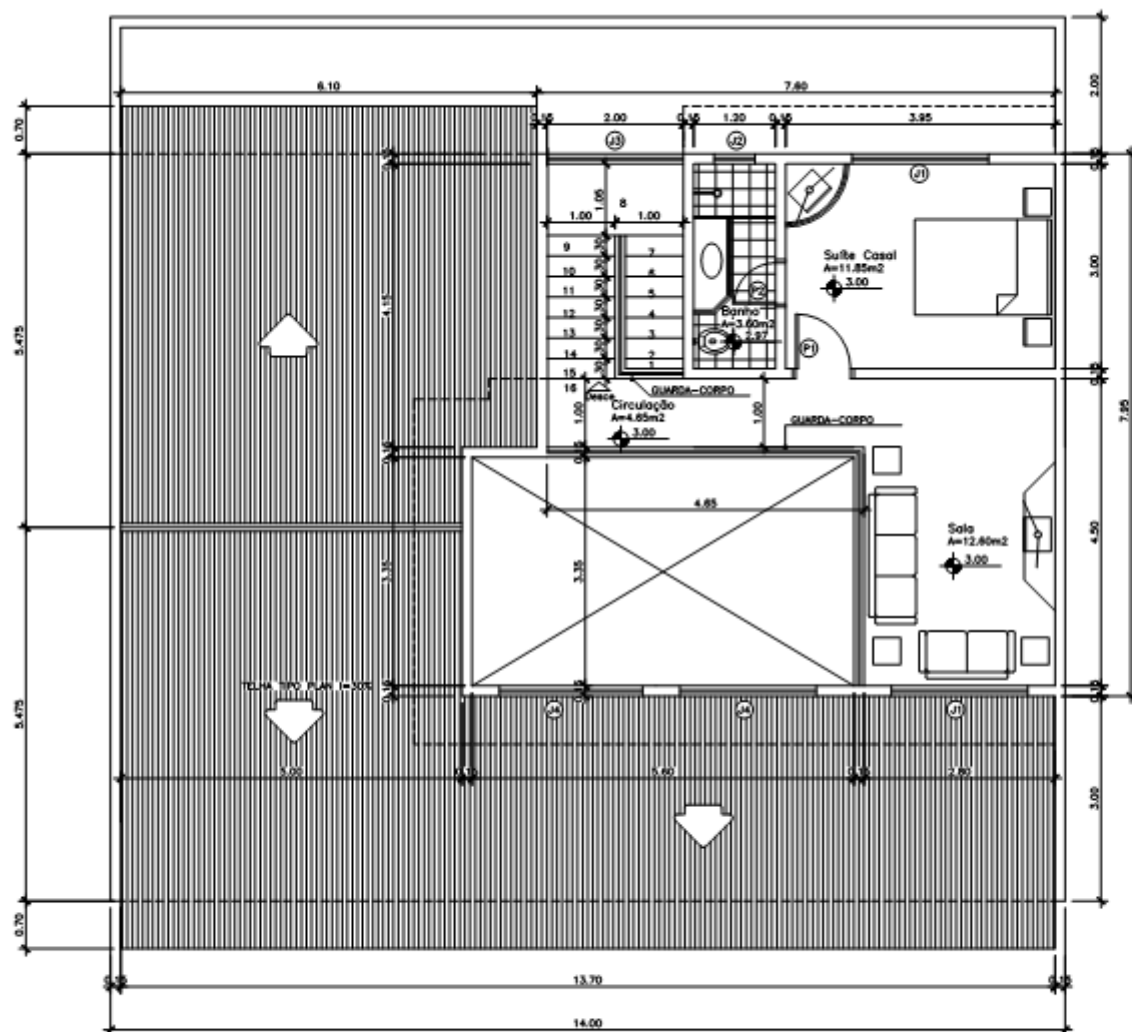
Lean Construction: Princípios Básicos e Exemplos” – PiniWeb – Out. 2002. Disponível em: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/lean-construction-principios-basicos-e-exemplos-80714-1.aspx>

APÊNDICES

APÊNDICE A – PROJETO ARQUITETÔNICO DE UMA RESIDÊNCIA DE 198,63 M²

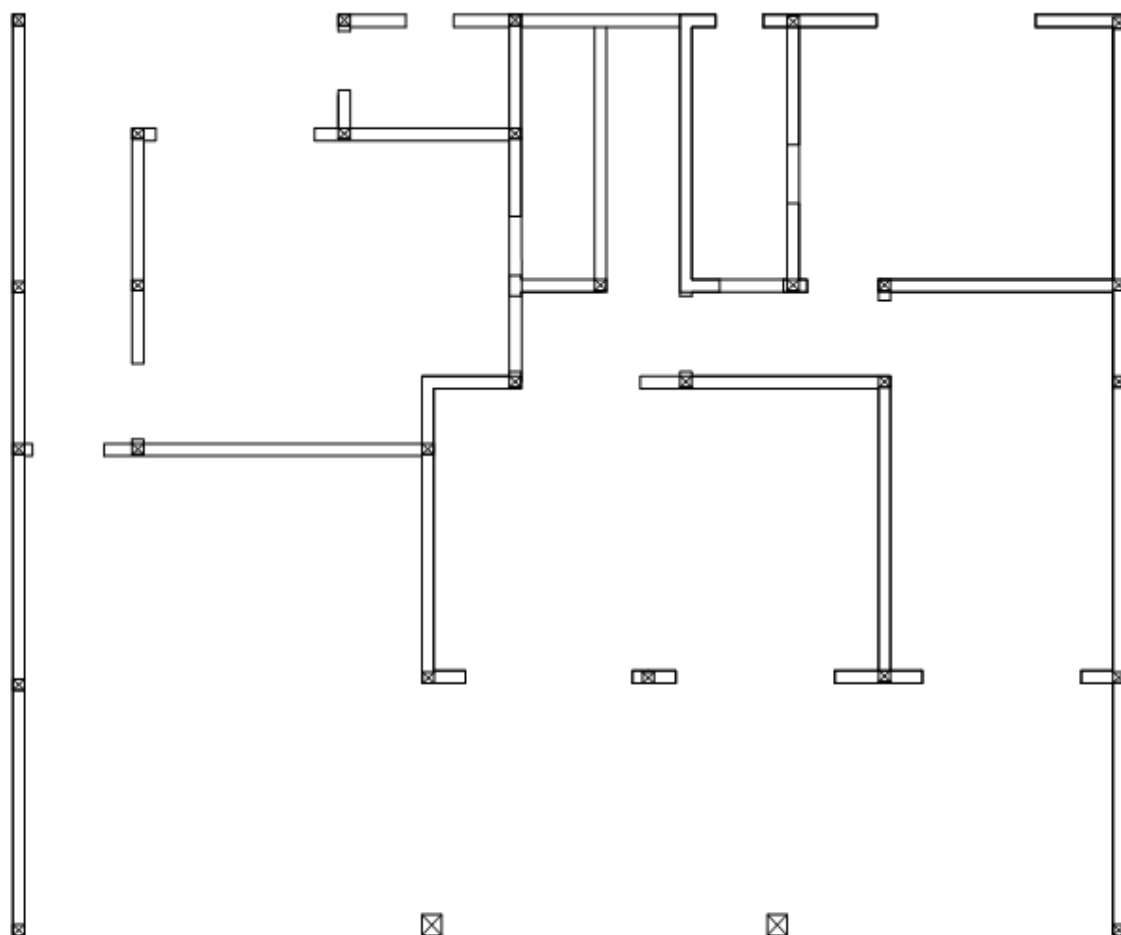


01 PLANTA BAIXA - TÉRREO
ESCALA 1:50



02 PLANTA BAIXA - SUPERIOR
ESCALA 1:50

APÊNDICE B – POSIÇÃO DOS PILARES E TABELAS DE ESPECIFICAÇÕES DE
FORMAS E VOLUME DE CONCRETO DO PROJETO ARQUITETÔNICO DO
ANEXO A



01 POSIÇÃO DOS PILARES
ESCALA 1:50

Resumo de medição (incluindo perdas de aço)

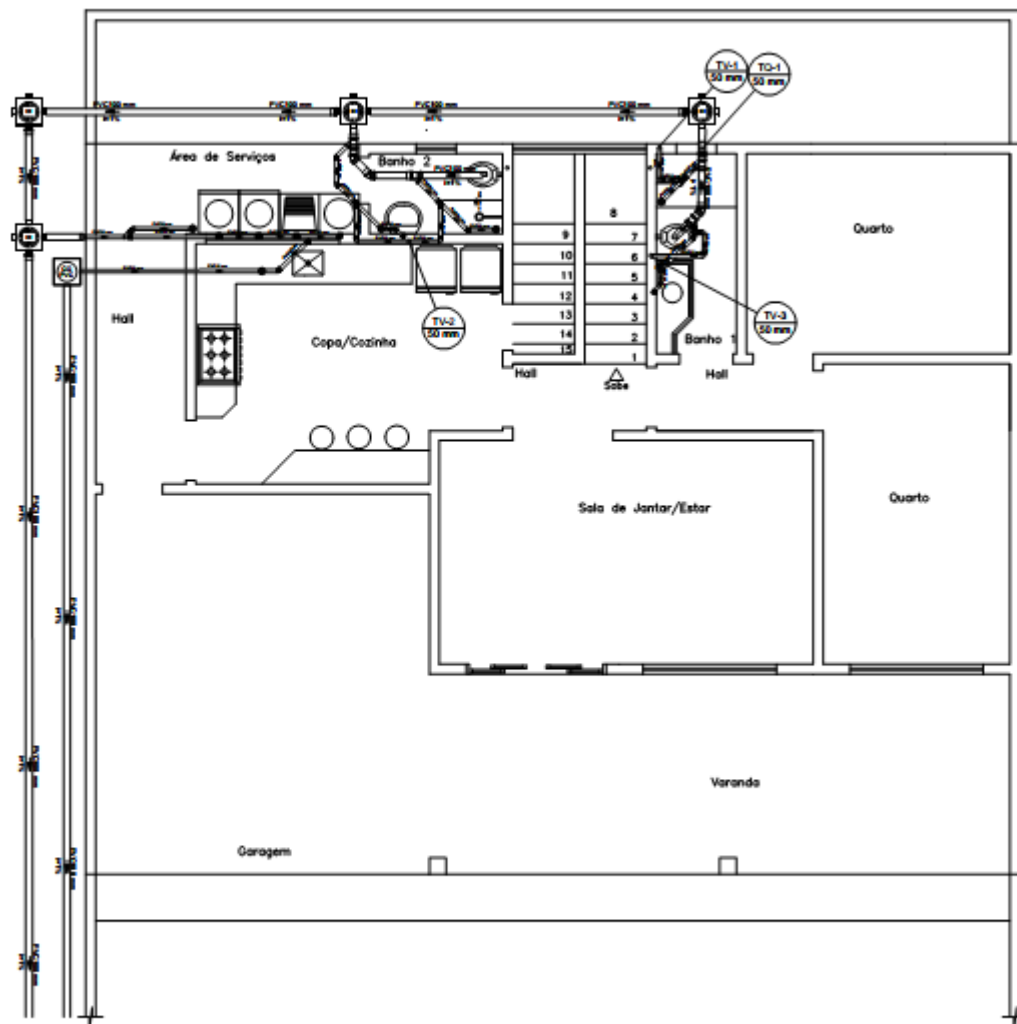
Elemento	CA-50 (kg)					Concreto (m³)		Fôrmas (m²)
	Ø6.3	Ø10	Ø12.5	Ø16	Total	C25, usina.rigor	Limpeza	
Referência: P1	0.41	34.98	6.52		41.91	0.67	0.23	2.70
Referência: P2	0.41	14.67	30.69		45.77	0.74	0.18	3.36
Referência: P3	0.41	4.61	6.19		11.21	0.18	0.07	1.22
Referência: P4	0.41	14.64	31.45		46.50	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.

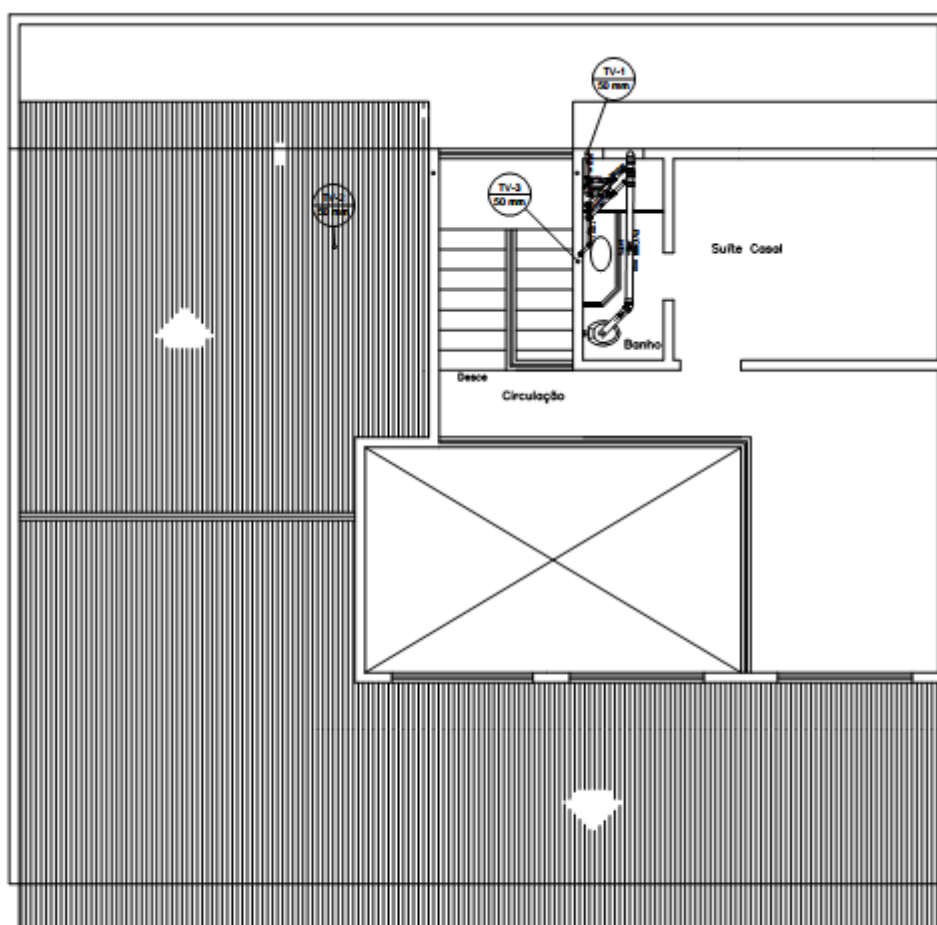
Total obra - Superfície total: 217.66 m²

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

APÊNDICE C – PROJETO HIDROSSANITÁRIO DO PROJETO ARQUITETÔNICO
DO ANEXO A

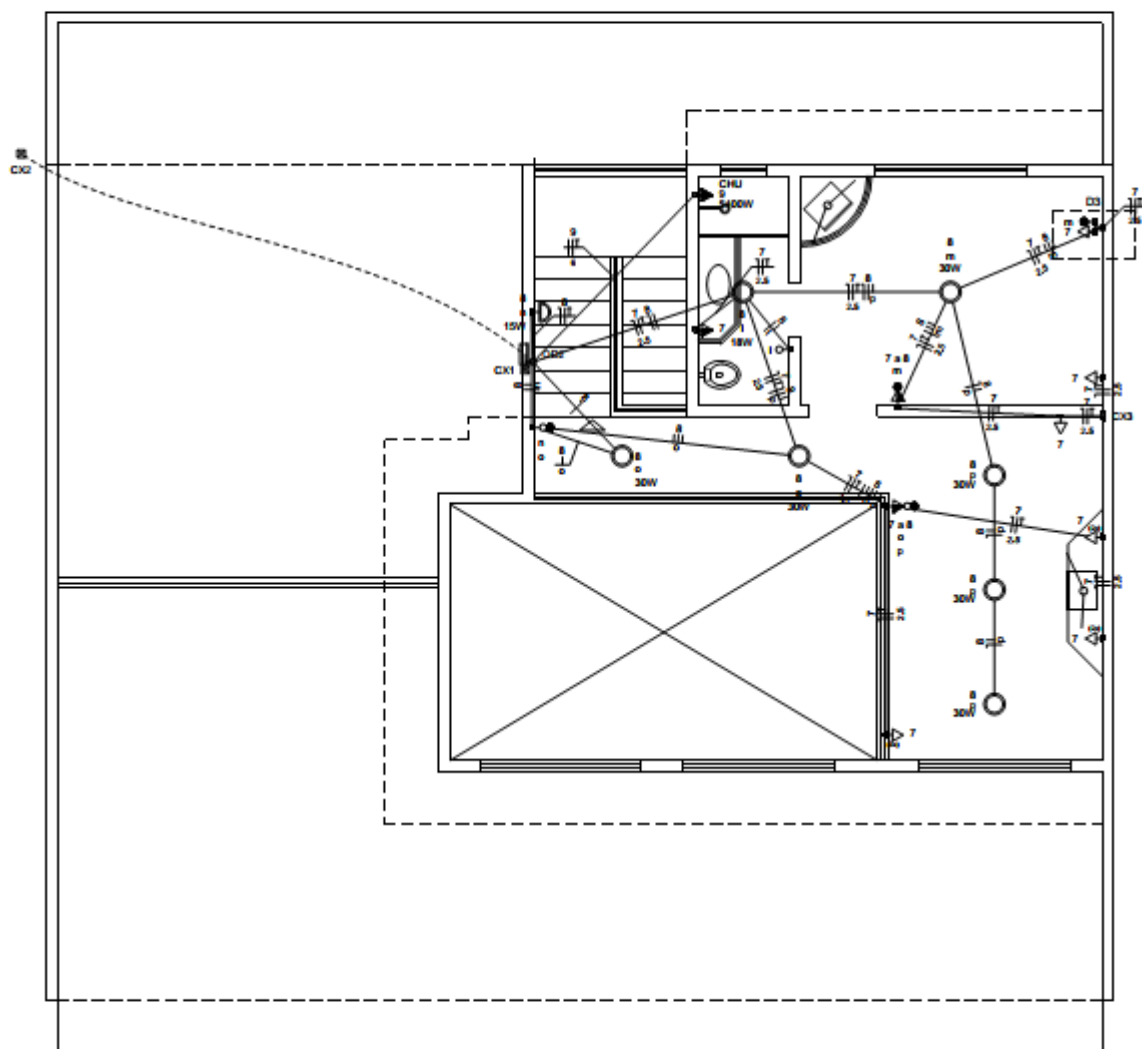


01 PLANTA BAIXA - TÉRREO
ESCALA 1:50



02 PLANTA BAIXA - 2 PAVIMENTO
ESCALA 1:50

[illegible]



02 PLANTA BAIXA - SUPERIOR
ESCALA

**APÊNDICE E – ORÇAMENTOS DE MENOR CUSTO LEVANTADOS NA CIDADE
DE BELO HORIZONTE EM JUNHO 2022**

Insumo (unidade)	Preço
Brita (m³)	R\$ 168,13
Areia (m³)	R\$ 140,82
Ajudante (hora)	R\$ 6,01
Pedreiro (hora)	R\$ 8,59
Cimento CP II - 32 (50 kg)	R\$ 32,91
Bloco cerâmico (unidade)	R\$ 1,17
Cal hidratada (20 kg)	R\$ 16,87
Argamassa usinada contrapiso (20 kg)	R\$ 15,99
Argamassa usinada assentamento (20 kg)	R\$ 16,29
Betoneira (Hora)	R\$ 1,95
Argamassa de assentamento blocos (20 kg)	R\$ 12,99
Argamassa contrapiso (50 kg)	R\$ 25,08
Argamassa assentamento piso (20 kg)	R\$ 23,90
Porcelanato polido 63,5 x 63,5 Bianco master elizabeth (m²)	R\$ 69,90

