

**APLICABILIDADE E BENEFÍCIOS DO SISTEMA *LEAN CONSTRUCTION*:  
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE FORMAS DE EXECUÇÃO DO PROJETO DE  
UMA RESIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE LAGOA DA PRATA-MG**

**Davi Miranda Evangelista**

davim.evangelista@hotmail.com

**Leonardo Tiradentes da Silva**

leonardo-ts71@hotmail.com

**Renato Antônio Tavares Pereira**

Coordenação de Curso de Engenharia Civil Una Bom Despacho

**RESUMO**

A indústria da construção civil mostrou-se ao longo dos anos um setor com baixo índice de produtividade, elevado desperdício e com os olhos fortemente voltados apenas para aspectos técnicos como arquitetura, estrutura e demais projetos complementares, desprezando muitas vezes aspectos logísticos e gerenciais que são de extrema importância para o sucesso na execução do que foi projetado. Muitas alternativas estão sendo exploradas com o intuito de melhorar este ponto fraco, dentre elas destaca-se a filosofia de gestão *lean construction*. O presente trabalho aborda estudo realizado com o intuito de avaliar os impactos da implementação da metodologia *lean construction* em um projeto residencial de um pavimento em Lagoa da Prata, MG, visando redução nos custos e no tempo gasto para a execução das atividades com maior fluxo de conversão.

Palavras-chaves: *Lean construction*, construção civil, gestão

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil tem proeminente destaque na economia nacional. Variados são os fatores que justificam sua relevância. Exemplificativamente, cita-se o elevado consumo de matéria-prima, geração de empregos diretos e indiretos e aquisições imobiliárias, favorecidas pelo desenvolvimento de políticas monetárias, que visam facilitar a captação de crédito para o aludido alcance.

A indústria da construção civil apresentou grande crescimento nos últimos anos, tornando o mercado mais competitivo, o que propiciou a ampliação do leque de cuidados no canteiro de obras, avaliando não apenas aspectos técnicos e estruturais, como também o processo produtivo, buscando estratégias logísticas que propiciassem redução de custos como desperdícios, ingerência de materiais e ausência de mão-de-obra qualificada. Importa dizer que além do novo foco da otimização, o compromisso com a qualidade se manteve inalterado.

Uma das soluções encontradas pelas empresas do setor, foi a adoção da filosofia *lean construction* para auxiliar na gestão de seus empreendimentos. A construção enxuta, conforme tradução do termo, consiste na adaptação e implementação de estratégias gerenciais e logísticas do sistema Toyota de produção, desenvolvido no Japão, no período pós segunda guerra mundial, momento em que a economia do país estava devastada, levando recursos materiais e humanos se tornarem cada vez mais escassos para a indústria automobilística.

O sistema objetiva aumento do lucro, através da redução do custo de produção e não pelo aumento do preço, eliminando desperdícios e aumentando cada vez mais a produtividade envolvida no processo, construindo empreendimentos de forma cada vez mais rápidas, com a quantidade exata de materiais necessários e com maior qualidade.

### 1.1 Problema de pesquisa

O *lean construction* ou construção enxuta é uma adaptação do sistema de produção utilizado pela Toyota na produção de veículos, para o setor da construção civil.

Dada a contemporaneidade do tema, associado ao aumento potencial de competitividade, o problema de pesquisa se apresenta da seguinte forma: É viável a aplicação de princípios da filosofia de gestão *lean construction* para a otimização de processos construtivos de uma residência de um pavimento na cidade de Lagoa da Prata/MG?

## **1.2 Hipóteses**

A utilização de princípios *lean construction* desencadeará em:

- Aumento de produtividade de mão-de-obra;
- Melhor fluxo de aquisições e transporte;
- Redução de desperdícios;
- Redução no prazo e custo da obra.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo geral**

Realizar análise comparativa entre as formas tradicionais de execução utilizadas na região e aquelas que apresentem traços da filosofia de gestão *lean construction*.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Analisar aspectos importantes da obra visando propor melhorias na logística do canteiro de obras, evitando movimentações desnecessárias e excesso de estoque. Buscou-se também reduzir a quantidade de atividades que não agregam valor ao produto final, bem como explorar formas de execução que possibilitem maior produtividade. Foram apurados resultados do ponto de vista financeiro e de tempo da utilização dos seguintes materiais:

- Concreto usinado em relação ao concreto preparado em obra e do seu transporte;
- Argamassa usinada ou polimérica em relação a argamassa preparada em obra;
- Autonivelante em relação a argamassa preparada em obra para contrapiso.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 *Lean construction* ou produção enxuta

A produção enxuta, assim nomeada por Krafcik (1988), teve seu início no setor automobilístico no Japão com a empresa Toyota Motor Company logo após a segunda guerra mundial, situação na qual o país se encontrava com a economia devastada e uma grande falta de recursos para que pudesse produzir e manter a frágil economia de pé.

Para combater o problema, a Toyota criou uma filosofia de gestão que opera com dois focos principais: o estudo dos componentes envolvidos no processo como materiais, equipamentos, equipes e informações; e a redução de qualquer tipo de desperdício como material, dinheiro, tempo, espaço entre outros. (BALLARD; HOWELL, 1998).

O quadro a seguir mostra algumas das principais diferenças entre a filosofia de produção convencional e a filosofia de produção enxuta.

Quadro 1: Principais diferenças entre a filosofia de produção convencional e a filosofia de produção enxuta

	<b>Filosofia de Produção Convencional</b>	<b>Filosofia de Produção Enxuta</b>
<b>Conceito de produção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produção consiste em conversão.</li> <li>• Todas as atividades agregam valor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produção consiste em conversão e fluxos.</li> <li>• Existem atividades que agregam e atividades que não agregam valor.</li> </ul>
<b>Foco do controle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo das atividades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo tempo e valor dos fluxos.</li> </ul>
<b>Foco de melhorias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de eficiência pela implantação de novas tecnologias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminação ou redução de atividades que não agregam valor.</li> <li>• Incremento de eficiência em atividades que agregam valor, através de melhoria contínua e novas tecnologias.</li> </ul>

Fonte: SOUZA (2016)

O pesquisador finlandês Lauri Koskela foi um dos pioneiros a explorar as possibilidades e efeitos que o pensamento enxuto poderiam trazer para a construção civil. Koskela (1992) define alguns princípios para a construção enxuta que supostamente, se implantados da forma correta, podem trazer grandes benefícios para as empresas, a saber:

Quadro 2: Princípios da construção enxuta

<b>Princípio</b>	<b>Conceituação</b>
Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor ao produto final.	Ohno, (1997) define atividade que agrega valor como algum tipo de processamento, ou seja, mudar a forma do material ou as características do produto. Liker (2005) complementa relacionando valor ao produto final com o interesse do cliente.
Aumentar o valor do produto final através da consideração dos requisitos dos clientes	Verifica-se todas as necessidades dos clientes tanto externos quanto internos, consideradas na concepção do projeto em cada uma de suas etapas.
Reduzir a variabilidade	Isto impacta diretamente na qualidade e duração de cada atividade, uma vez que um produto padronizado pode ter todos os possíveis empecilhos mapeados antes mesmo da execução, aumentando a produtividade da mão de obra e reduzindo a probabilidade de erros. O processo de planejamento e controle pode facilitar a implementação deste princípio uma vez que serão criados registros sobre o processo de produção e reais causas dos problemas enfrentados em determinada atividade, facilitando assim a tomada de decisão (BERNARDES, 2003).
Reduzir o tempo de ciclo, ou seja, diminuir a duração de todas as etapas que compõem a execução de uma atividade (transporte, processamento e inspeção)	Esta redução impacta diretamente nos prazos para execução das atividades e conseqüentemente a busca por maneiras de reduzir as atividades que não agregam valor ao produto final e contribuir para uma entrega mais rápida do produto (PEREIRA, 2014).
Simplificar minimizando o número de etapas, partes e ligações	Aliado ao princípio de redução do tempo de ciclo, a simplificação do número de etapas também pode contribuir para reduzir as atividades que não agregam valor ao produto final, uma vez que uma atividade com muitas etapas tem grandes chances de gerar ainda mais atividades que não agregam valor (PÁDUA, 2014)
Aumentar a flexibilidade na execução do produto	Esse princípio está relacionado à possibilidade de alterar características do produto sem aumentar seu custo final (PÁDUA, 2014).
Aumentar a transparência dos processos	Segundo Pereira (2014), um processo transparente é aquele que possibilita a redução de desperdícios e atividades que não agregam valor, facilitam todas as operações de controle e evidenciam os possíveis erros. Tudo isso contribui para o princípio de melhoria contínua dos processos.
Focar o controle no processo global	De acordo com Bernardes (2003), controlar o processo possibilita a identificação e prevenção ou correção de quaisquer desvios que venham a afetar o prazo de entrega da obra, para isso a integração de planejamentos a longo, médio e curto prazo são essenciais para a implantação desse princípio
Introduzir melhoria contínua no processo	Para Koskela (2002), reduzir os desperdícios e aumentar o valor do produto final devem ser metas a serem alcançadas de maneira contínua no ambiente empresarial. A mão-de-obra se torna fator essencial para cumprimento desse princípio, uma vez que ela é a responsável pelo processo de conversão (POZZOBON et.al., 2004).
Manter equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões	Melhorias no fluxo estão intimamente ligadas a melhorias na conversão. Geralmente melhorias no fluxo requerem menor capacidade de conversão, conseqüentemente menos investimentos com equipamentos; fluxos mais controlados podem auxiliar na implantação de novas tecnologias para a conversão; novas tecnologias na conversão podem facilitar a implantação do princípio de reduzir a variabilidade e conseqüentemente gerar benefícios no fluxo (KOSKELA, 1992).
Benchmarking (referências de ponta)	Conhecer os próprios processos da empresa, buscar boas práticas em outras empresas similares, entender como são aplicadas e os princípios por trás da mesma e posteriormente adaptá-las à realidade da empresa (ISATTO. et al., 2000).

Fonte: Os autores, 2021.

## 2.2 Desperdícios

A eliminação de desperdícios é um ponto crucial na filosofia *lean construction*. Segundo Ohno (1997), são identificados como desperdícios:

- Superprodução: Liker (2005) define desperdício como produção em excesso e sem demanda, que pode gerar custos com excesso de mão de obra, estoque e transportes desnecessários. Shingo (1996) complementa com um segundo tipo de superprodução, a “antecipada”, onde a produção ocorre antes de ser necessária.

- Espera: Tempo sem trabalho, no qual os colaboradores permanecem ociosos esperando a próxima tarefa, ferramenta, matéria-prima ou qualquer outro motivo, ocasionados geralmente por atrasos nos processos, mal funcionamento de equipamentos necessários, falta de material entre outros (LIKER, 2005).

- Transporte/movimentação desnecessária: Desperdício normalmente ocasionado por falta de logística no processo de produção, havendo movimentações por longas distâncias ou inúteis como procurar uma ferramenta ou material, empilhar matéria prima longe do local de processamento, transportes ineficientes entre outros.

As melhorias mais significativas em termos de redução das perdas por transporte são aquelas aplicadas ao processo de transporte, obtidas através de alterações de layouts que dispensem ou eliminem as movimentações de material. Somente depois de esgotadas as possibilidades de melhorias no processo é que, então, melhorias nas operações de transporte são introduzidas. (SARCINELLI, 2008, p. 20).

A imagem a seguir demonstra alguns dos desperdícios que podem estar relacionados à movimentação do trabalhador:



Fonte: OHNO, (1997).

Grande parte da movimentação do trabalhador está vinculada a atividades que não agregam valor ao produto final.

- Processamento incorreto ou produto com defeito: Trata-se da produção de um produto defeituoso, que teve um processamento inadequado seja por mal funcionamento de um equipamento, falha humana ou projeto de baixa qualidade gerando retrabalho e aumentando os custos da produção.

De nada adianta eliminar incansavelmente as perdas no processo se este gerar um produto defeituoso. Todo esforço de produção transforma-se instantaneamente em perda. Não há cliente para produtos defeituosos. (SARCINELLI, 2008, p. 24)

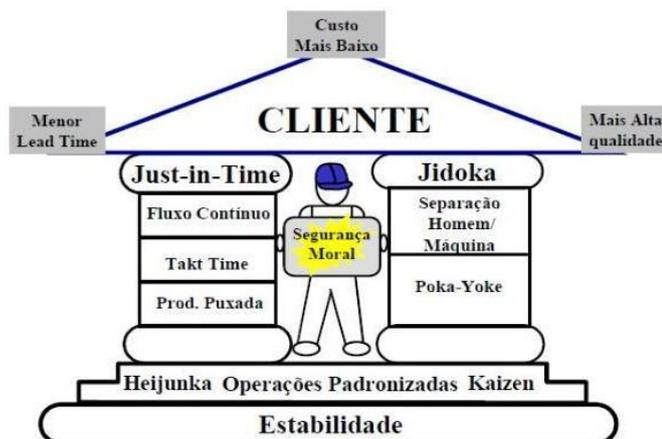
- Excesso de estoque: Materiais ou equipamentos armazenados em quantidade muito superior ao necessário, gerando custos de armazenagem, transportes e possíveis perdas de materiais (LIKER, 2005).

O balanço de uma empresa pode considerar o estoque em processo como tendo algum valor agregado e tratá-lo como estoque. Mas aí é que começa a confusão. A maior parte deste estoque frequentemente não é necessária e não possui valor agregado. (OHNO, 1997, p. 84).

### 2.3 Os pilares da filosofia *lean construction*

Para demonstrar como a filosofia *lean construction* mantém seus principais objetivos alcançáveis, a ilustração a seguir apresenta os pilares que fortalecem a estrutura desse modelo de gestão:

Figura 2: Pilares da filosofia *lean construction*



Fonte: SARCINELLI, 2008.

A filosofia de gestão *lean construction* busca formas para atender as necessidades do cliente da forma mais eficiente possível, ou seja, no menor tempo, com a maior qualidade e o menor custo. Para satisfazer essas condições, dois pilares são de extrema importância no processo de produção: Just-in-Time e Jidoka.

### **2.3.1 Just-in-time**

Segundo Ohno (1997) o *just-in-time* surgiu da ideia de produzir apenas o que fosse solicitado pelo cliente, invertendo o processo produtivo, onde o cliente “puxa” a produção e cada processo desde então só produz o que for necessário para o processo seguinte, gerando um fluxo contínuo e possibilitando um estoque mínimo e controlado. Em resumo, a ideia transmitida pelo just-in-time é entregar a quantidade certa, no local e momento certos.

Sarcinelli (2008) afirma que o fluxo contínuo é a solução para a necessidade de redução do prazo de entrega de um projeto e melhora na qualidade. Uma vez que é colocado o mesmo operador para executar a mesma atividade no processo produtivo, tem-se como resultado um processo de melhoria contínua, também conhecido como kaizen no sistema Toyota de produção e conseqüentemente uma redução no tempo de ciclo deste operador na atividade e um aprimoramento da técnica executada no processo gerando maior qualidade ao produto.

Além do fluxo contínuo, outra parte importante do sistema JIT é o takt time.

O takt time é o tempo necessário para produzir um componente ou um produto completo, baseado na demanda do cliente. Em outras palavras, o takt time associa e condiciona o ritmo de produção ao ritmo das vendas. Na lógica da “produção puxada” pelo cliente, o fornecedor produzirá somente quando houver demanda de seu cliente. Como a lógica é produzir ao ritmo da demanda, o tempo de ciclo de cada operador deve ser idealmente igual ao takt time. Portanto ao invés de termos dois operadores com tempos de ciclo de 30 segundos, procuramos alocar todas as operações a um único operador para, logo a seguir, como resultado de um processo de melhoria (kaizen), reduzir o tempo de ciclo deste operador até ficar compatível com takt time de 50 segundos. (SARCINELLI, 2008, p. 28).

O fluxo de produção para a construção civil pode ser alcançado através do planejamento e controle da obra a ser executada, onde todas as atividades a serem executadas serão divididas em pacotes de trabalho com data de início e duração estimada para a mesma.

### **2.3.2 Jidoka ou automação**

O termo jidoka é frequentemente associado ao uso de máquinas. Contudo, o conceito do termo não se resume a apenas isso. Consiste em dar ao responsável pela execução da atividade, seja humano ou máquina, autonomia para interromper o processo quando perceber qualquer anormalidade, o que conseqüentemente previne possíveis defeitos no produto e garante a qualidade do mesmo. (SARCINELLI, 2008).

Na Toyota, este conceito é aplicado não somente à maquinaria como também à linha de produção e aos operários. Em outras palavras, se surgir uma situação anormal, exige-se que um operário pare a linha. A automação impede a fabricação de produtos defeituosos, elimina a superprodução, e para automaticamente no caso de anormalidades, na linha permitindo que a situação seja investigada. (OHNO, 1997, p. 128).

### **3 METODOLOGIA**

Para o estudo de caso, realizou-se um levantamento de quantitativos no qual foi elaborada a Estrutura Analítica do Projeto (EAP) – Apêndice C, que apresenta as diretrizes das principais atividades analisadas.

Analisou-se alternativas mais industrializadas para execução de atividades que não agregam valor ao produto final com o intuito de avaliar o impacto no tempo de execução das atividades e seus custos, como a utilização de concreto usinado, argamassa usinada, dentre outros. Foram levados em consideração os métodos, ferramentas, materiais e custos para a execução das atividades analisadas.

#### **3.1 Área de estudo**

Avaliou-se previamente a metodologia construtiva empregada em obras de pequeno porte em Lagoa da Prata, MG e realizou-se um levantamento de quantitativos baseado no projeto (Apêndices A e B e Anexo A) de uma residência de um pavimento com 116,75m<sup>2</sup>, nesta mesma cidade.

Após melhor compreensão dos métodos de execução utilizados na região percebeu-se um grande gasto de tempo em serviços que não agregam valor ao produto final, alto índice de desperdícios de materiais, retrabalhos e problemas logísticos com estoque de insumos, como por exemplo, atraso nas entregas, excesso ou falta de material e perda por falha de armazenamento, bem como dificuldades na

organização e funcionalidade do canteiro de obras. Com isso, a pesquisa foi elaborada buscando métodos construtivos alternativos que solucionassem esses problemas.

### **3.2 Coleta de dados**

Elaborou-se planilhas com a composição dos serviços com o auxílio do Microsoft Excel, onde foram propostas formas distintas de execução de uma mesma atividade, constando os insumos e mão de obra necessários e processos adotados para realização destes.

No que diz respeito à “formas distintas de execução de uma mesma atividade”, foi realizada uma comparação entre uma que apresente traços lean e outra que seja comumente utilizada na região de Lagoa da Prata. Desta forma, aferiu-se a diferença de consumo de recursos financeiros e humanos envolvidos e a qualidade que se pode alcançar em cada processo.

As composições tiveram como banco de dados a TCPO<sup>1</sup> em sua 13ª e 15ª edição, e artigos que auxiliassem na obtenção de informações para a composição de custos de alguns processos, além de orçamentos de materiais obtidos com fornecedores da região.

### **3.3 Produção do concreto**

Na etapa de infra e superestrutura, a concretagem é uma atividade que demanda muito tempo e recurso financeiro para sua realização. Visto isso, este trabalhou buscou uma alternativa que reduzisse o prazo e o custo de execução.

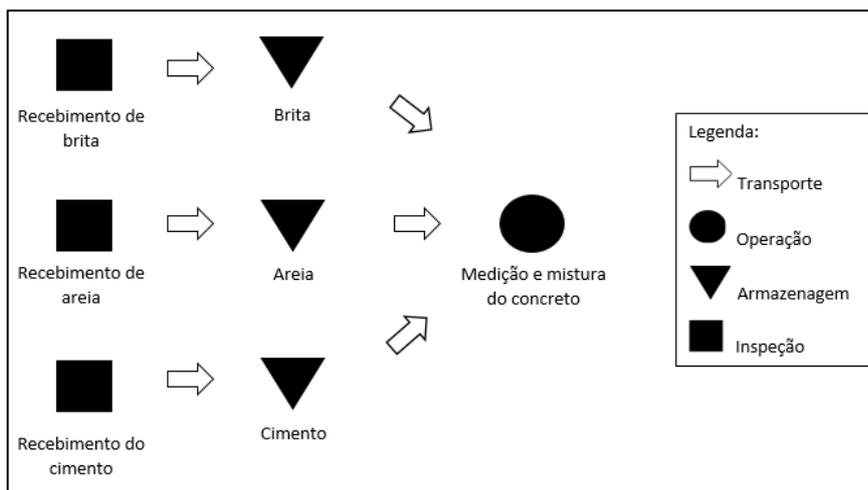
Para isso, na etapa de produção do concreto, elaborou-se a composição de custo do concreto preparado em obra com uso de betoneira e comparou-se com o concreto usinado, onde, para este último, obteve-se os preços através de orçamento com fornecedores locais.

---

<sup>1</sup> O TCPO - Tabela de Composições e Preços para Orçamentos é a principal referência de engenharia de custos do Brasil. Lançado há mais de 60 anos, em 1955, quando reunia 100 serviços de construção anteriormente publicados na revista "A Construção" em São Paulo. Hoje a Base TCPO conta com mais de 8.500 composições de Serviços, Preços de Referência calculados pelo departamento de Engenharia da PINI e Composições de Empresas da indústria de materiais e serviços de construção civil (PINI, 2016).

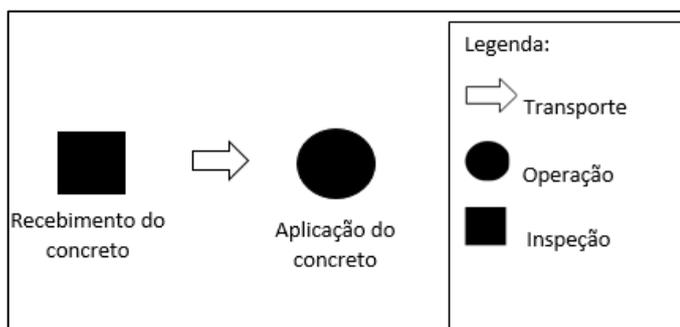
A escolha do concreto usinado como alternativa se deve à praticidade que este material apresenta, uma vez que ele já chega na obra pronto para uso, assim, reduzindo etapas que não agregam valor ao produto final, conforme figuras 3 e 4 apresentadas abaixo:

Figura 3: Fluxograma dos processos do concreto preparado em obra



Fonte: adaptado de REGATTIERI e SILVA, 2006.

Figura 4: Fluxograma dos processos do concreto usinado



Fonte: adaptado de REGATTIERI e SILVA, 2006.

### 3.4 Transporte do concreto – Vigas e laje

O transporte do concreto até o local de sua aplicação, como é feito em obras de pequeno porte no município de Lagoa da Prata, se mostra muito trabalhoso e demorado.

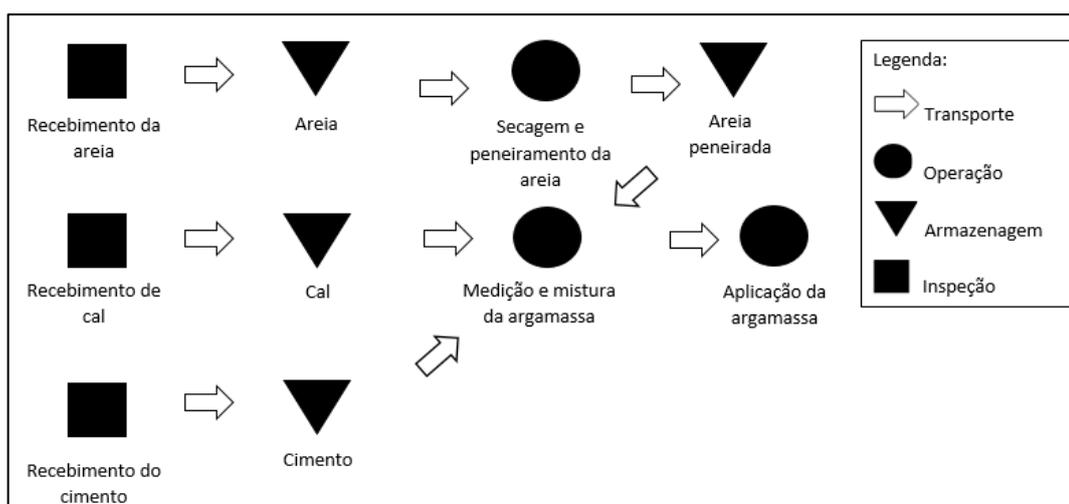
Nesta etapa, comparou-se dois métodos de transporte do concreto para aplicação em vigas e laje, onde em um utiliza-se elevador e jérica e o outro trata-se do transporte através do bombeamento do concreto.

Visando otimizar a execução do processo, foi analisado o transporte do concreto por bombeamento, uma vez que esta forma elimina a mão de obra própria, transferindo a pequena parcela de serviço restante à uma equipe especializada, de responsabilidade da empresa contratada.

### 3.5 Utilização de argamassas

A argamassa é um componente presente em diversas etapas na construção de uma residência, como: alvenaria, reboco, emboço e contrapiso. O processo de preparo das argamassas é um trabalho que não agrega valor ao produto final e que demanda muito tempo, devido principalmente à quantidade de processos intermediários englobados, como armazenagem e transporte de material e a secagem e peneiramento da areia, como mostra a Figura 5:

Figura 5: Fluxograma dos processos das argamassas preparadas em obra para reboco, emboço e assentamento de tijolos



Fonte: adaptado de REGATTIERI e SILVA, 2006.

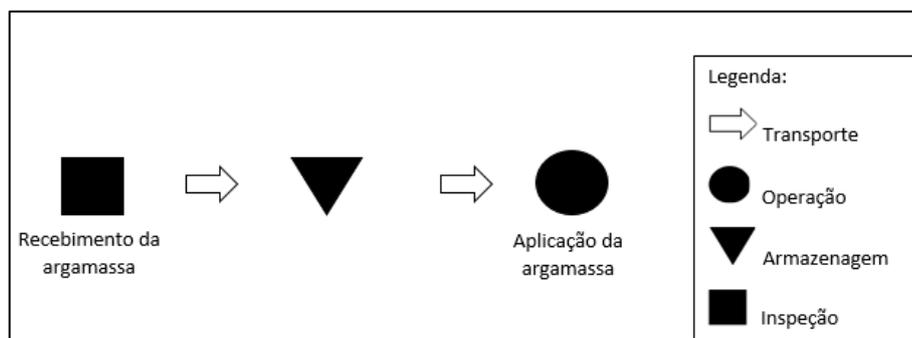
#### 3.5.1 Alvenaria

Nesta etapa, comparou-se três métodos para o assentamento de tijolos: o uso de argamassa preparada em obra, argamassa usinada e argamassa polimérica.

[...] Na década de 1980, foi desenvolvida a argamassa polimérica pelo Grupo FCC que não utiliza cimento em sua composição, empregando assim polímeros, nanotecnologia e agregados minerais provenientes de rochas calcárias. A tecnologia desenvolvida aplica-se a sistemas de vedação vertical com blocos de concreto, tijolos e blocos cerâmicos, blocos de concreto celular auto-clavado, vedação de peças pré-moldadas, blocos sílico-calcário e tijolos de solo-cimento (MOREIRA; VERMELHO; ZANI, 2017).

As alternativas escolhidas têm o objetivo de reduzir etapas no processo. O fluxograma abaixo (Figura 6) demonstra a praticidade dos métodos propostos em relação ao método tradicional, exposto na Figura 5.

Figura 6: Fluxograma dos processos das argamassas usinadas e poliméricas



Fonte: adaptado de REGATTIERI e SILVA, 2006.

O uso da argamassa polimérica, além de apresentar ganho de praticidade por não demandar preparo, mostra-se também grande aliada à melhoria na produtividade da mão de obra. Para apuração dos resultados, foi feita a composição de custo da argamassa preparada em obra e orçamento da usinada e da polimérica. Para levantamento dos dados referente à execução do trabalho com argamassa preparada em obra e a usinada, realizou-se composição de custos através da TCPO e para a polimérica, devido à ausência dessa informação na tabela anteriormente citada, utilizou-se o estudo de MOREIRA, VERMELHO e ZANI (2017).

### 3.5.2 Reboco e emboço

Para execução de reboco e emboço foi proposto o uso de argamassa usinada, uma vez que esta reduz os trabalhos citados no item 3.5, como apresentado na Figura 6.

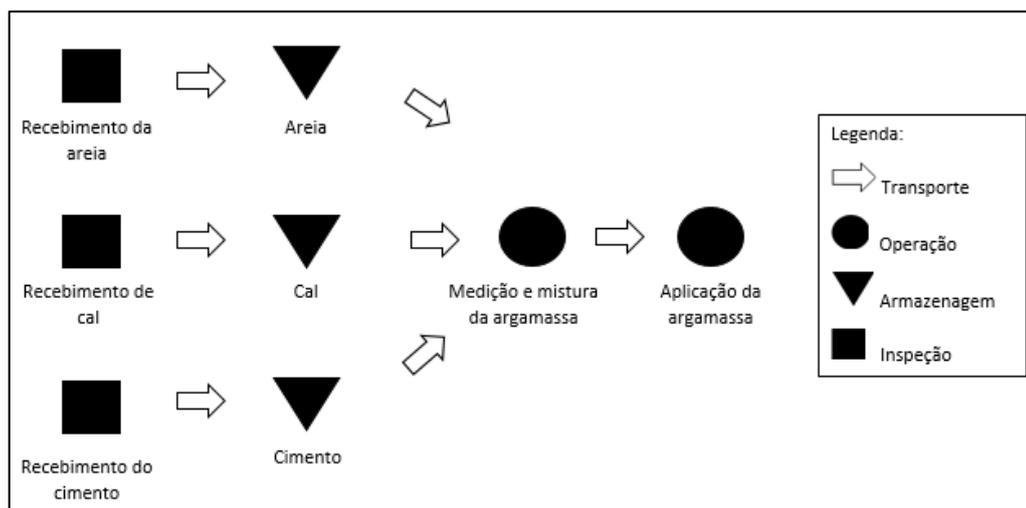
Para análise, elaborou-se a composição de custo da argamassa para reboco e emboço preparada em obra e comparou-se com a argamassa usinada, onde, para esta última, obteve-se o preço através de orçamento com fornecedor local.

### 3.5.3 Contrapiso

A alternativa proposta para esta atividade foi a utilização do autonivelante. A diferença entre os métodos analisados se dá na eliminação do processo de preparo do autonivelante (Figuras 7 e 8) e na execução do serviço, uma vez que, quando feito da forma convencional, com argamassa preparada na obra, tem-se necessidade de

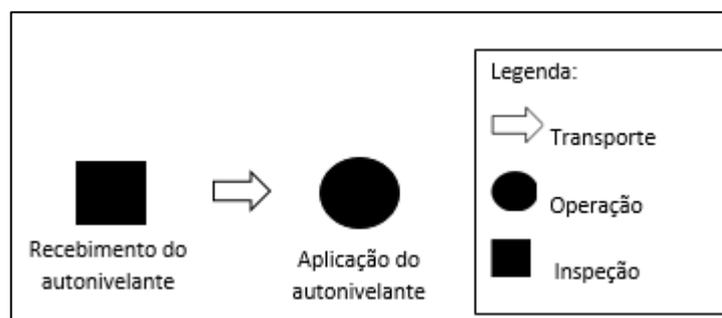
mão de obra própria, e com o uso do autonivelante o material é bombeado diretamente à superfície de aplicação sem a necessidade de demais processos para sua finalização.

Figura 7: Fluxograma dos processos da argamassa preparada em obra para contrapiso



Fonte: adaptado de REGATTIERI e SILVA, 2006.

Figura 8: Fluxograma dos processos do autonivelante



Fonte: Os autores, 2021.

Elaborou-se a composição de custo da execução do contrapiso com argamassa preparada em obra e comparou-se com o autonivelante, onde, para este último, obteve-se os valores através de orçamento com fornecedor local.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Produção do concreto

As tabelas a seguir apresentam a composição de custo para preparo em obra dos concretos com fck (Feature Compression Know)<sup>2</sup> 20, 25 e 30MPa, e orçamento do concreto usinado com as mesmas especificações.

Tabela 1: Composição concreto 20 MPa

<b>Composição concreto 20MPa</b>				
Local de aplicação: Estacas e vigas baldrame				
Quantidade utilizada (m <sup>3</sup> ):				8,50
<b>3R 04 23 14 00 00 00 15 19 Concreto preparado na obra C20 S50, controle "B" - m<sup>3</sup></b>				
Descrição	Unidade	Consumo Unitário	Custo Unitário	Custo Total
Servente	h	6,0000	53,3333	453,33
Areia Média Lavada	m <sup>3</sup>	0,6190	41,7825	355,15
Brita 1	m <sup>3</sup>	0,7060	48,5375	412,57
Cimento CII E-32	kg	323,0000	174,4200	1482,57
Betoneira	h	0,3060	0,2782	2,36
<b>TOTAIS</b>			<b>R\$ 318,35</b>	<b>R\$ 2.705,99</b>

Fonte: Adaptado TCPO – 15ª Edição

Tabela 2: Composição concreto 25 MPa

<b>Composição concreto 25MPa</b>				
Local de aplicação: Pilares e Vigas				
Quantidade utilizada (m <sup>3</sup> ):				3,66
<b>3R 04 23 14 00 00 00 15 23 Concreto preparado na obra C25 S50, controle "B" - m<sup>3</sup></b>				
Descrição	Unidade	Consumo Unitário	Custo Unitário	Custo Total
Servente	h	6,0000	53,3333	195,20
Areia Média Lavada	m <sup>3</sup>	0,5780	39,0150	142,79
Brita 1	m <sup>3</sup>	0,7120	48,9500	179,16
Cimento CII E-32	kg	373,0000	201,4200	737,20
Betoneira	h	0,3060	0,2782	1,02
<b>TOTAIS</b>			<b>R\$ 343,00</b>	<b>R\$ 1.255,37</b>

Fonte: Adaptado TCPO – 15ª Edição

<sup>2</sup> Traduzido para o português como Resistência Característica do Concreto à Compressão

Tabela 3: Composição concreto 30 MPa

<b>Composição concreto 30MPa</b>				
Local de aplicação: Laje				
Quantidade utilizada (m <sup>3</sup> ):				6,89
<b>3R 04 23 14 00 00 00 15 26 Concreto preparado na obra C30 S50, controle "B" - m<sup>3</sup></b>				
Descrição	Unidade	Consumo Unitário	Custo Unitário	Custo Total
Servente	h	6,0000	53,3333	367,47
Areia Média Lavada	m <sup>3</sup>	0,5310	35,8425	246,95
Brita 1	m <sup>3</sup>	0,7180	49,3625	340,11
Cimento CII E-32	kg	431,0000	232,7400	1603,58
Betoneira	h	0,3060	0,2782	1,92
<b>TOTAIS</b>			R\$ 371,56	<b>R\$ 2.560,02</b>

Fonte: Adaptado TCPO – 15ª Edição

Tabela 4: Orçamento concreto usinado

<b>Orçamento concreto usinado</b>			
Orçamento escolhido: Orçamento 1			
Fck (Mpa)	Preço (R\$/m <sup>3</sup> )	Quantidade utilizada (m <sup>3</sup> )	Preço total
20	340	8,50	<b>R\$ 2.890,00</b>
25	355	3,66	<b>R\$ 1.299,30</b>
30	370	6,89	<b>R\$ 2.549,30</b>

Fonte: Os autores, 2021

Tabela 5: Comparativo de métodos para concreto

<b>Comparativo de métodos</b>		
Descrição	Preço Total (R\$)	M.O. Ajudante (H.h)
Concreto preparado na obra	R\$ 6.521,38	114,30
Concreto usinado	R\$ 6.738,60	0,00

Fonte: Os autores, 2021

A partir dos dados levantados é possível compreender que houve um aumento de 3,33% no custo para execução da atividade que equivale a R\$217,22. Contudo, há uma economia significativa no tempo de execução da atividade, onde seriam necessárias 114,3 horas-homem de mão de obra de ajudante para realizar o preparo do volume de concreto indicado.

## 4.2 Transporte do concreto

As tabelas abaixo exibem valores para comparação do transporte utilizando elevador e jericá ou através do bombeamento do concreto:

Tabela 6: Orçamento aluguel de bomba para concreto

<b>Orçamento aluguel de bomba para concreto</b>	
Orçamento escolhido: Orçamento 2	
Volume	Preço
até 20m <sup>3</sup>	R\$ 600,00
acima de 20m <sup>3</sup>	R\$30,00/m <sup>3</sup>

Fonte: Os autores, 2021.

Tabela 7: Produtividade variável concretagem vigas/lajes

<b>Produtividade variável concretagem vigas/laje</b>					
Local de aplicação: Vigas e Laje					
Volume de concreto (m <sup>3</sup> ):					8,79
<b>Transporte vertical</b>	<b>Hh/m<sup>3</sup></b>	<b>Hh total</b>	<b>Custo/Hh (R\$)</b>	<b>Custo/m<sup>3</sup> (R\$)</b>	<b>Custo total</b>
Elevador e jericá	2,97	26,1063	13,3333	39,6000	R\$ 348,08
Bomba	1,46	12,8334	-	68,2594	R\$ 600,00
Obs.: Custo da mão de obra para elevador e jericá foi considerada 50% de oficiais e 50% de ajudantes, conforme estabelecido no Anexo B. Logo o Custo/Hh foi dado através do custo médio entre os salários para oficiais e para ajudantes.					

Fonte: Adaptado TCPO – 13ª Edição

Pode-se observar que para a concretagem de 8,79m<sup>3</sup> em questão, houve um aumento de 72,37% no custo, o que equivale a R\$251,92, e uma redução de 13,27 horas-homem correspondente a 50,84% no tempo necessário para execução da atividade.

Um fato que colabora para o resultado financeiro negativo na adoção do bombeamento do concreto é a taxa mínima de bomba que é praticada na região onde foi realizado o estudo, sendo que, para o orçamento de aluguel de bomba utilizado, a bomba tem um valor fixo de R\$600,00 para concretagens de até 20m<sup>3</sup>, conforme Tabela 6. Observando os custos da bomba, propôs-se análise comparativa (Tabela 8) entre concretagens de variados volumes, para melhor entendimento das possíveis situações onde a bomba se mostra viável tanto em questões financeiras quanto em tempo de execução.

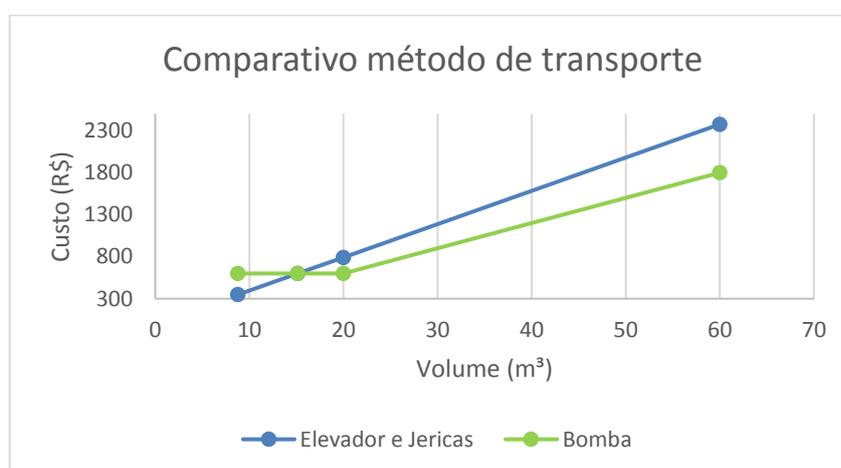
Tabela 8: Produtividade variável concretagem vigas/lajes - volumes variados

Produtividade variável concretagem vigas/laje								
Volume (m <sup>3</sup> )	Elevador e Jericas				Bomba			
	Hh total	Custo/Hh (R\$)	Custo/m <sup>3</sup> (R\$)	Custo total	Hh total	Custo/Hh (R\$)	Custo/m <sup>3</sup> (R\$)	Custo total
8,79	26,11			R\$ 348,08	12,83	-	R\$ 68,26	R\$ 600,00
15,15	45,00	13,33	39,60	R\$ 600,00	22,12	-	R\$ 39,60	R\$ 600,00
20	59,40			R\$ 792,00	29,20	-	R\$ 30,00	R\$ 600,00
60	178,20			R\$ 2.376,00	87,60	-	R\$ 30,00	R\$ 1.800,00

Obs.: Custo da mão de obra para elevador e jericas foi considerada 50% de oficiais e 50% de ajudantes, conforme estabelecido no Anexo B. Logo o Custo/Hh foi dado através do custo médio entre os salários para oficiais e para ajudantes.

Fonte: Os autores, 2021.

Figura 9: Comparativo entre métodos de transporte



Fonte: Os autores, 2021.

A partir dos resultados obtidos, observa-se que o bombeamento do concreto se mostra imediatamente viável financeiramente em relação ao outro método, para concretagens com volume acima de 15,15m<sup>3</sup>, e apresenta melhor desempenho para volumes a partir de 20m<sup>3</sup>, o que resulta em uma redução de custo de R\$9,60/m<sup>3</sup>.

### 4.3 Utilização de argamassas

A tabela a seguir apresenta a composição para a secagem e peneiramento da areia:

Tabela 9: Composição preparo areia média lavada peneirada

<b>Composição preparo areia média lavada peneirada</b>				
Local de aplicação: Produção de argamassas				
<b>3R 05 06 17 00 00 00 35 05</b>				
<b>Preparo de areia para argamassas - secagem e peneiramento - m<sup>3</sup></b>				
Descrição	Unidade	Consumo Unitário	Custo Unitário	
Servente	h	2,4000	21,33	
Areia Média Lavada	m <sup>3</sup>	1,2000	81,00	
<b>TOTAIS</b>			<b>R\$ 102,33</b>	

Fonte: Adaptado TCPO – 15ª Edição

Tal processo é adotado na região onde foi realizado o estudo para composição das argamassas de assentamento de tijolos, reboco e emboço, que serão abordadas nos itens adiante. Este processo, além de demandar mão de obra gera uma perda de material, sendo necessário 1,2 m<sup>3</sup> de areia lavada para produzir 1,0m<sup>3</sup> de areia peneirada, pronta para uso, resultado em uma perda de 16,67% (conforme Tabela 9).

#### 4.3.1 Alvenaria

Para o serviço de assentamento de tijolos foram encontrados os seguintes resultados:

Tabela 10: Composição argamassa de assentamento

<b>Composição Argamassa de assentamento</b>				
Local de aplicação: Assentamento de tijolo				
Quantidade utilizada (m <sup>3</sup> ):				2,7
<b>3R 05 06 17 00 00 00 17 27</b>				
<b>Argamassa mista de cimento, cal e areia traço 1:2:11, com betoneira - m<sup>3</sup></b>				
Descrição	Unidade	Consumo Unitário	Custo Unitário	Custo Total
Servente	h	6,0000	53,3333	144,00
Areia Média Lavada Peneirada	m <sup>3</sup>	1,2200	124,8467	337,09
Cal hidratada CH III	kg	133,0000	86,4500	233,42
Cimento CII E-32	kg	133,0000	71,8200	193,91
Betoneira	h	0,3060	0,2782	0,75
<b>TOTAIS</b>			<b>R\$ 336,73</b>	<b>R\$ 909,17</b>

Fonte: Adaptado TCPO – 15ª Edição

Tabela 11: Composição assentamento de tijolo utilizando argamassa preparada em obra

<b>Composição assentamento tijolo - Convencional</b>				
Quantidade de alvenaria (m <sup>2</sup> ):				195,56
<b>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 - m<sup>2</sup></b>				
<b>3R 05 05 12 00 00 00 00 05 25 (ADAPTADO)</b>				
Descrição	Unidade	Consumo Unitário	Custo Unitário	Custo Total
Pedreiro	h	0,6400	11,3778	2225,04
Servente	h	0,3800	3,3778	660,56
Bloco cerâmico furado de vedação 19x19x9cm	un	26,2500	29,4000	5749,46
Argamassa mista de cimento, cal e areia traço 1:2:11	m <sup>3</sup>	0,0138	4,6468	908,74
<b>TOTAIS</b>			<b>R\$ 48,80</b>	<b>R\$ 9.543,80</b>

Fonte: Adaptado TCPO – 15ª Edição

Tabela 12: Orçamento argamassa usinada para assentamento de tijolos

<b>Orçamento argamassa usinada</b>	
Orçamento escolhido: Orçamento 1	
<b>Finalidade</b>	<b>Preço (R\$/m<sup>3</sup>)</b>
Assentamento tijolo	390,00

Fonte: Os autores, 2021.

Tabela 13: Composição assentamento de tijolo utilizando argamassa usinada

<b>Composição assentamento tijolo – Argamassa Usinada</b>				
Quantidade de alvenaria (m <sup>2</sup> ):				195,56
<b>Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados 9x19x19cm furos horizontais, espessura da parede 9cm, juntas de 10mm com argamassa usinada - m<sup>2</sup></b>				
<b>3R 05 05 12 00 00 00 00 05 25 (ADAPTADO)</b>				
Descrição	Unidade	Consumo Unitário	Custo Unitário	Custo Total
Pedreiro	h	0,6400	11,3778	2225,04
Servente	h	0,3800	3,3778	660,56
Bloco cerâmico furado de vedação 19x19x9cm	un	26,2500	29,4000	5749,46
Argamassa usinada	m <sup>3</sup>	0,0138	5,3820	1052,50
			<b>R\$ 49,54</b>	<b>R\$ 9.687,56</b>

Fonte: Adaptado TCPO – 15ª Edição

Tabela 14: Composição assentamento de tijolo utilizando argamassa polimérica

<b>Composição assentamento tijolo – Argamassa Polimérica</b>				
<b>Quantidade de alvenaria (m²):</b>				
<b>3R 05 05 12 00 00 00 00 05 25 (ADAPTADO)</b>	<b>Alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados 9x19x19cm furos horizontais, espessura da parede 9cm, com argamassa polimérica - m²</b>			
Descrição	Unidade	Consumo Unitário	Custo Unitário	Custo Total
Pedreiro	h	0,3300	5,8667	1147,29
Servente	h	0,6600	5,8667	1147,29
Bloco cerâmico furado de vedação 19x19x9cm	un	27,0000	30,2400	5913,73
Argamassa polimérica Biomassa	kg	2,0000	9,0000	1760,04
<b>TOTAIS</b>			<b>R\$ 50,97</b>	<b>R\$ 9.968,35</b>

Fonte: Adaptado MOREIRA, VERMELHO e ZANI (2017).

Tabela 15: Comparativo de métodos - assentamento

<b>Comparativo de métodos</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Preço total (R\$)</b>	<b>M.O. Oficial (h.H)</b>	<b>M.O. Ajudante (h.H)</b>
Argamassa para assentamento de tijolo preparada na obra	9.543,80	125,16	90,51
Argamassa polimérica	9.968,35	64,53	129,07
Argamassa para assentamento de tijolo usinada	9.687,56	125,16	74,31

Fontes: Os autores, 2021

Através dos resultados obtidos nota-se que houve uma variação no preço de R\$424,55 do método mais barato (utilizando argamassa preparada em obra) para o método mais caro (utilizando argamassa polimérica), equivalente a um aumento de 4,45%. Com a análise, pode-se perceber que tal aumento se dá pelo custo das argamassas, uma vez que houve redução de custo da mão de obra total empregada nos métodos mais onerosos, conforme mostra a tabela 15.

#### **4.3.2 Reboco e emboço**

Para o serviço de assentamento de tijolos foram encontrados os seguintes resultados:

Tabela 16: Composição argamassa para reboco e emboço

<b>Composição Argamassa para reboco e emboço</b>				
Local de aplicação: Reboco interno e externo e emboço				
Quantidade utilizada (m <sup>3</sup> ):				5,9
<b>3R 05 06 17 00 00 00 19 11</b>	<b>Argamassa mista de cimento, cal e areia peneirada traço 1:2:8 - m<sup>3</sup></b>			
Descrição	Unidade	Consumo Unitário	Custo Unitário	Custo Total
Servente	h	10,0000	88,8889	524,44
Cal hidratada CH III	kg	182,0000	118,3000	697,97
Cimento CII E-32	kg	182,0000	98,2800	579,85
Areia Média Lavada Peneirada	m <sup>3</sup>	0,9350	95,6786	564,50
Betoneira	h	0,3060	0,2782	1,64
<b>TOTAIS</b>			<b>R\$ 401,43</b>	<b>R\$ 2.368,41</b>

Fonte: Os autores, 2021

Tabela 17: Orçamento argamassa usinada

<b>Orçamento argamassa usinada</b>			
Orçamento escolhido: Orçamento 1			
<b>Finalidade</b>	<b>Preço (R\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Quantidade utilizada (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Preço total</b>
Reboco/Emboço	410,00	5,90	<b>R\$ 2.416,95</b>

Fonte: Os autores, 2021

Tabela 18: Comparativo de métodos argamassa reboco/ emboço

<b>Comparativo de métodos</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Preço Total (R\$)</b>	<b>M.O. Ajudante (h.H)</b>	
Argamassa para reboco/emboço preparada na obra	R\$ 2.368,41	59,00	
Argamassa para reboco/emboço usinada	R\$ 2.416,95	0,00	

Fonte: Os autores, 2021

Com os orçamentos e composições apresentados é possível compreender que com a utilização da argamassa usinada, houve um aumento de 2,05% no custo para execução da atividade, o que equivale a R\$48,54. Entretanto há uma economia significativa no tempo de execução, onde seriam necessárias 59,00 horas-homem de mão de obra de ajudante para realizar o preparo do volume de argamassa indicado.

Esta diferença de tempo para execução é uma quantificação da redução de processos exposto nas figuras 5 e 6.

### 4.3.3 Contrapiso

As tabelas a seguir apresentam os resultados da comparação entre a execução do contrapiso com argamassa preparada na obra e autonivelante.

Tabela 19: Composição argamassa para contrapiso

<b>Composição Argamassa para contrapiso</b>				
Local de aplicação: Contrapiso				
Quantidade utilizada (m <sup>3</sup> ):				2,58
<b>3R 05 06 17 00 00 00 15 25</b>		<b>Argamassa de cimento e areia, traço 1:3 - m<sup>3</sup></b>		
Descrição	Unidade	Consumo Unitário	Custo Unitário	Custo Total
Servente	h	10,0000	88,8889	229,73
Areia Média Lavada	m <sup>3</sup>	1,2200	82,3500	212,83
Cimento CII E-32	kg	486,0000	262,4400	678,28
Betoneira	h	0,3060	0,2782	0,72
<b>TOTAIS</b>			R\$ 433,96	<b>R\$ 1.121,56</b>

Fonte: Adaptado TCPO – 15ª Edição

Tabela 20: Composição execução contrapiso

<b>Composição execução contrapiso</b>				
Quantidade de alvenaria (m <sup>2</sup> ):				86,15
<b>3R 10 61 10 00 00 00 10 29</b>		<b>Regularização sarrafeada de base para revestimento de piso com argamassa de cimento e areia # 3cm - m<sup>2</sup></b>		
Descrição	Unidade	Consumo Unitário	Custo Unitário	Custo Total
Pedreiro	h	0,2500	4,44	382,89
Servente	h	0,2500	2,22	191,44
Argamassa mista de cimento e areia traço 1:3	m <sup>3</sup>	0,0300	13,02	1121,56
<b>TOTAIS</b>			R\$ 19,69	<b>R\$ 1.695,90</b>

Fonte: Adaptado TCPO – 15ª Edição

Tabela 21: Orçamento autonivelante

<b>Orçamento autonivelante</b>			
Orçamento escolhido: Orçamento 1			
Finalidade	Preço	Quantidade utilizada (m <sup>3</sup> )	Preço total
Autonivelante	R\$ 460,00/m <sup>3</sup>	2,58	<b>R\$ 1.188,87</b>
Bomba	R\$ 1.200,00	-	<b>R\$ 1.200,00</b>

Fonte: Os autores, 2021.

Tabela 22: Comparativo de métodos

<b>Comparativo de métodos</b>				
Descrição	Preço Total (R\$)	M.O. Oficial (h.H)	M.O. Ajudante (h.H)	
Argamassa para contrapiso preparada na obra	R\$ 1.695,90	21,54	47,38	
Autonivelante	R\$ 2.388,87	0,00	0,00	

Fonte: Os autores, 2021.

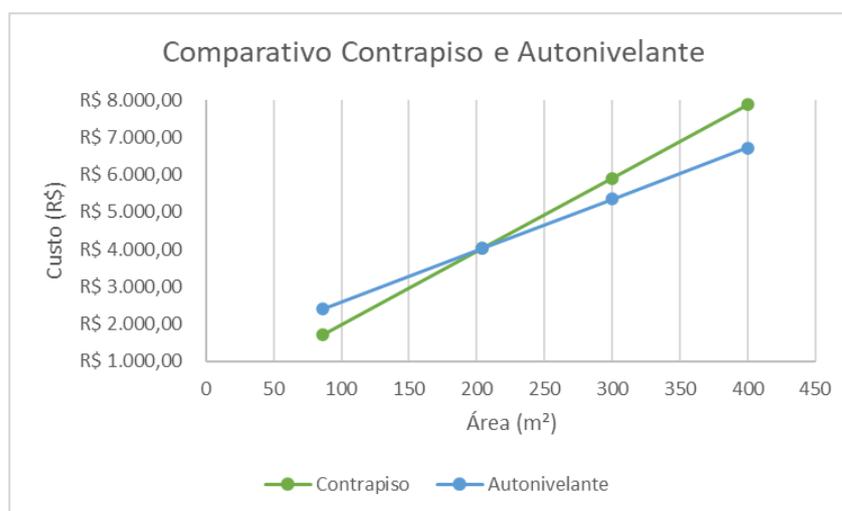
Pode-se perceber que o autonivelante se mostra 40,86% mais dispendioso que o contrapiso convencional para o caso estudado. Contudo, a fim de verificar o volume em que o método fosse viável financeiramente foi feito um comparativo para diferentes áreas, conforme tabela 23 e figura 10.

Tabela 23: Comparativo contrapiso e autonivelante

<b>Comparativo contrapiso e autonivelante, e=3cm - Área variável</b>						
Área (m <sup>2</sup> )	Contrapiso			Autonivelante		
	Hh total	Custo/m <sup>2</sup> (R\$)	Custo total	Hh total	Custo/m <sup>2</sup> (R\$)	Custo total
86,15	86,98	19,69	<b>R\$ 1.695,90</b>	-	R\$ 13,80	<b>R\$ 2.388,87</b>
203,89	204,73	19,69	<b>R\$ 4.013,72</b>	-	R\$ 13,80	<b>R\$ 4.013,73</b>
300	300,83	19,69	<b>R\$ 5.905,61</b>	-	R\$ 13,80	<b>R\$ 5.340,00</b>
400	400,83	19,69	<b>R\$ 7.874,15</b>	-	R\$ 13,80	<b>R\$ 6.720,00</b>

Fonte: Os autores, 2021.

Figura 10: Comparativo contrapiso e autonivelante



Fonte: Os autores, 2021.

Com os resultados obtidos é possível compreender que quanto maior o local a ser aplicado, mais viável se torna o autonivelante, sendo mais barato que o método tradicional para áreas superiores a 203,89 m<sup>2</sup>.

## 5 CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos, nota-se que as metodologias em conformidade com a filosofia *lean construction* aplicadas ao estudo de caso apresentaram êxito na aplicabilidade de princípios do modelo de gestão explorado, como: eliminação de diversos serviços que não agregam valor ao produto final, redução no tempo de ciclo das atividades, redução dos desperdícios citados por Ohno (1997), e melhora de produtividade da mão de obra.

O presente trabalho mostrou também que as práticas implantadas causaram um aumento de custo, concluindo que, para se obter as vantagens anteriormente citadas, o preço da atividade se eleva. Entretanto, observou-se que, para algumas práticas exploradas, isto pode ser revertido aplicando as mesmas em obras de maior porte, com grandes volumes de trabalho, pois, desta forma, além de todos os benefícios já apontados, reduz-se os custos em relação aos métodos tradicionais.

A otimização nos processos de conversão, na produtividade dos trabalhadores e na gestão do empreendimento é uma boa alternativa para a transformação e evolução do setor da construção civil no país, setor este que se manteve relativamente atrasado quando comparado a outros segmentos, principalmente em se tratando de

tecnologia e logística no processo de produção. Conclui-se assim, que o *lean construction* se mostra um grande aliado ao setor, uma vez que seus princípios e ferramentas melhoram a qualidade e reduz o tempo necessário para a execução do projeto.

## REFERÊNCIAS

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: **An Essential Step in Production Control. Technical Report** No. 97, Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering. California, University of California, 1998.

BERNARDES, MAURÍCIO MOREIRA E SILVA. **Planejamento e Controle da Produção Para Empresas de Construção Civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 190 p.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

ISATTO, E. L. et alli. **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. 1. ed. Porto Alegre: Sebrae, 2000.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report** n.72. Center of Integrated Facility Engineering, Department of Civil Engineering, Stanford University, 1992.

KOSKELA, L. *et al.* **The foundations of lean construction**. 1. ed. Londres: Routledge, 2002.

KRAFCIK, J. F. **Triumph of the Lean Production System**. Sloan Management Review. Fall, 1988.

LIKER, J. K. O modelo Toyota. **14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. 1 ed. Porto Alegre, 2005.

MATTOS, A.D. **Planejamento e Controle de Obras**. São Paulo, Pini, 2010.

MOREIRA, A. A. M.; VERMELHO, L. C.; ZANI, M. C. **Estudo da Argamassa Polimérica de Assentamento de Blocos e Tijolos Segundo Aspectos Técnicos, Econômicos, Mercadológicos e de Clima Organizacional**. Revista Espacios, v. 38, p. 14, 2017.

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

PÁDUA, RAFAEL CRISSÓSTOMO. **Implementação de Práticas de Lean Construction em uma Obra Residencial em Goiânia – Estudo de Caso**. Publicado em 2014. 61 p. Goiânia.

PEREIRA, Carlos Miguel Nogueira. **Implementação da Lean Construction na Construção Nacional**. 2014, 103 f. Tese. (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Minho Escola de Engenharia. Portugal.

PINI. **O que é base TCPO**, c2016. Disponível em: <[https://tcpoweb.pini.com.br/home/base\\_tcpo.html](https://tcpoweb.pini.com.br/home/base_tcpo.html)>. Acesso em: 31 de out de 2021.

POZZOBON, C.; HEINECK, L. F.; FREITAS, M. (2004). **Levantamento de inovações tecnológicas simples em obra**. In. **I Conferência Latino-Americana de construção Sustentável; X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. São Paulo, 2004. São Paulo: CLACS; ENTAC.

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: 09 de nov de 2021.

SARCINELLI, Wanessa T. **Construção enxuta através da padronização de tarefas e projetos**. 2008. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.

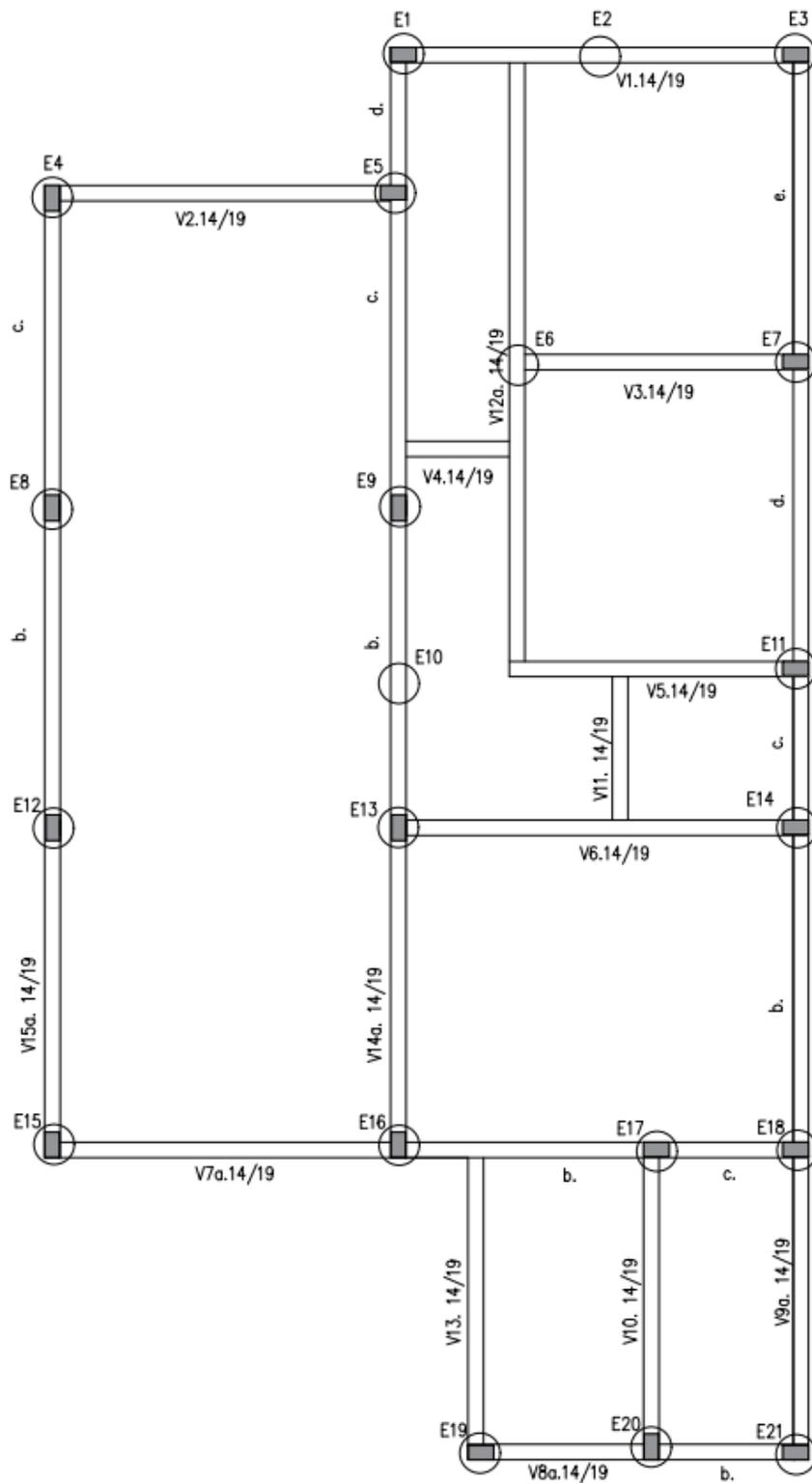
SAYER, A. & WALKER, R. **The New Social Economy: reworking the division of labor**. Cambridge, Massachusetts, Oxford. Blackwell, 1992.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman Companhia Editora, 1996.

SOUZA, V. A. R; **Estudo da Aplicação do Princípio Lean Construction na Construção de um Condomínio Residencial em Urussanga - SC**. 2016. Artigo. (Graduação em Engenharia Civil). Universidade do Extremo Sul Catarinens

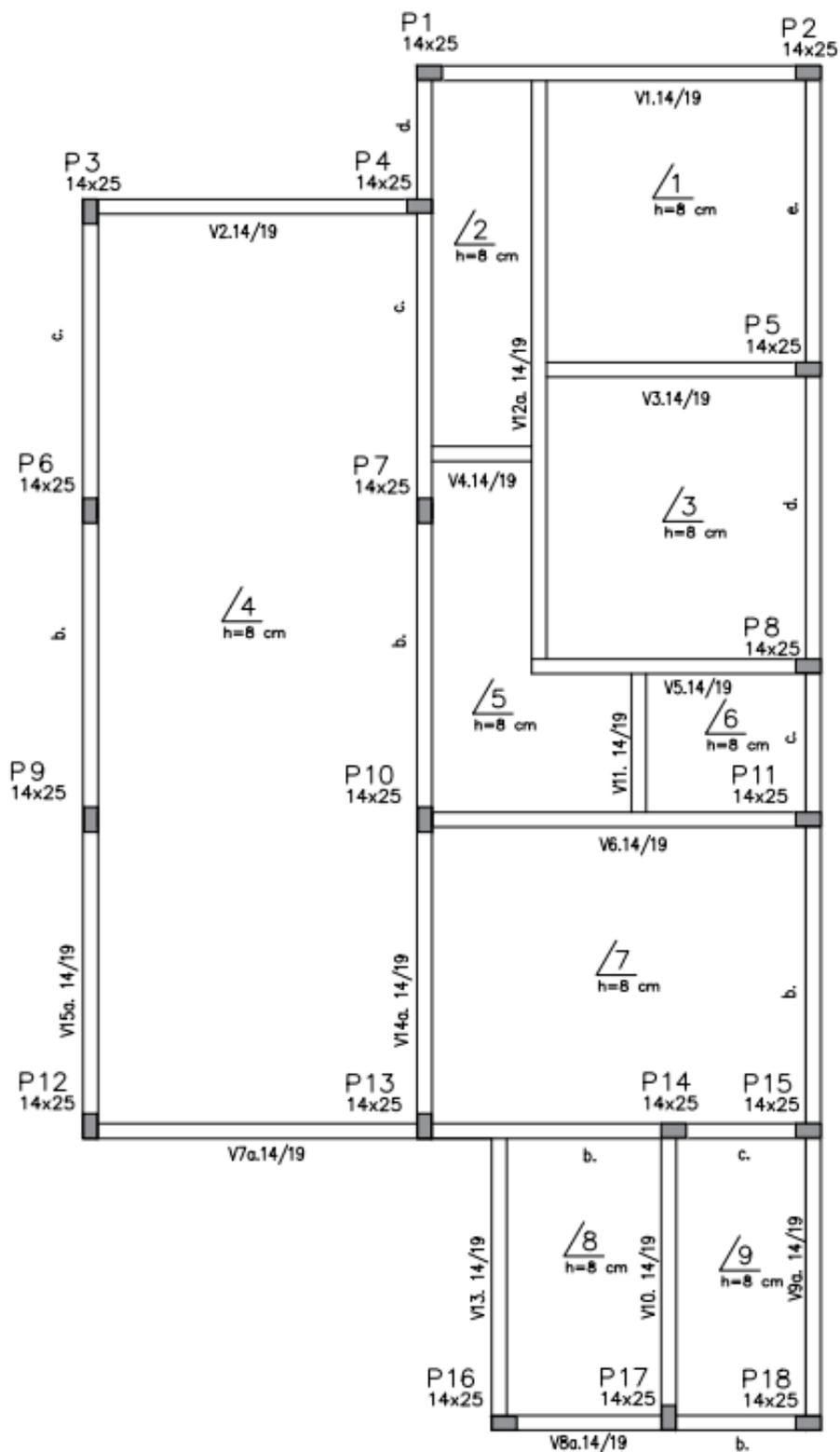
## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Fundação



Fonte: Os autores, 2021.

## APÊNDICE B – Estrutura



Fonte: Os autores, 2021.

## APÊNDICE C – Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

### 1. SERVIÇOS PRELIMINARES

- 1.1. Projetos
- 1.2. Limpeza do terreno
- 1.3. Instalações provisórias
  - 1.3.1. Instalação de água
  - 1.3.2. Instalação de energia
  - 1.3.3. Montagem do canteiro de obras
- 1.4. Execução de gabarito
- 1.5. Locação

### 2. FUNDAÇÃO

- 2.1. Tipo: Estaca escavada + viga baldrame
- 2.2. Estacas
  - 2.2.1. Quantitativo
    - 2.2.1.1. Quantidade de estacas: 21
    - 2.2.1.2. Profundidade: 2 m
    - 2.2.1.3. Diâmetro: 40 cm
    - 2.2.1.4. Volume unitário: 0,25 m<sup>3</sup>
    - 2.2.1.5. Volume total: 5,28 m<sup>3</sup>
  - 2.2.2. Execução
    - 2.2.2.1. Escavação: 5,28 m<sup>3</sup>
    - 2.2.2.2. Volume de concreto: 5,28 m<sup>3</sup>
- 2.3. Viga baldrame
  - 2.3.1. Quantitativo
    - 2.3.1.1. Comprimento total: 71,6m
    - 2.3.1.2. Seção transversal: 15x30
    - 2.3.1.3. Volume: 3,22m<sup>3</sup>
  - 2.3.2. Execução
    - 2.3.2.1. Formas: 42,96m<sup>2</sup>
      - 2.3.2.1.1. A execução foi feita com madeira nos fechamentos laterais e um lastro de brita atuando como fundo.
    - 2.3.2.2. Armação: terceirizada
    - 2.3.2.3. Volume de concreto: 3,22m<sup>3</sup>

### 3. SUPERESTRUTURA

- 3.1. Pilares
  - 3.1.1. Quantitativo
    - 3.1.1.1. Quantidade: 18
    - 3.1.1.2. Seção transversal: 14x25
    - 3.1.1.3. Altura: 2,80 metros

- 3.1.1.4. Volume unitário: 0,098 m<sup>3</sup>
- 3.1.1.5. Volume total: 1,76 m<sup>3</sup>
- 3.1.2. Execução
  - 3.1.2.1. Forma: 39,31 m<sup>2</sup>
    - 3.1.2.1.1. Material: Madeira
  - 3.1.2.2. Armação: terceirizada
  - 3.1.2.3. Volume de concreto: 1,76 m<sup>3</sup>
- 3.2. Vigas
  - 3.2.1. Quantitativo
    - 3.2.1.1. Comprimento total: 71,6m
    - 3.2.1.2. Seção transversal: 14x19
    - 3.2.1.3. Volume: 1,90 m<sup>3</sup>
  - 3.2.2. Execução
    - 3.2.2.1. Forma: 37,23 m<sup>2</sup>
      - 3.2.2.1.1. A execução foi feita com madeira nas laterais e no fundo e escoramento para sustentação.
      - 3.2.2.1.2. Armação: terceirizada
    - 3.2.2.2. Volume de concreto: 1,90m<sup>3</sup>
- 3.3. Laje
  - 3.3.1. Quantitativo
    - 3.3.1.1. Área: 86,15m<sup>2</sup>
    - 3.3.1.2. Espessura: 8cm
    - 3.3.1.3. Volume: 6,89m<sup>3</sup>
  - 3.3.2. Execução
    - 3.3.2.1. Escoramento: escoras metálicas
    - 3.3.2.2. Armação: terceirizada
    - 3.3.2.3. Volume de concreto: 6,89m<sup>3</sup>

#### **4. ALVENARIA**

- 4.1. Quantitativo
  - Área de alvenaria efetiva: 195,56 m<sup>2</sup>
  - Altura: 2,76 m
  - Comprimento total das paredes: 71,6m
  - Área total de alvenaria (sem descontar vãos): 197,62 m<sup>2</sup>
  - Área efetiva de alvenaria (descontado o excedente dos vãos acima de 2m<sup>2</sup>, a = 2,06m<sup>2</sup>): 195,56m<sup>2</sup>

#### **5. REVESTIMENTO**

- 5.1. Chapisco: 393 m<sup>2</sup>
- 5.2. Emboço: 51,4 m<sup>2</sup>
- 5.3. Reboco: 341,6m<sup>2</sup>

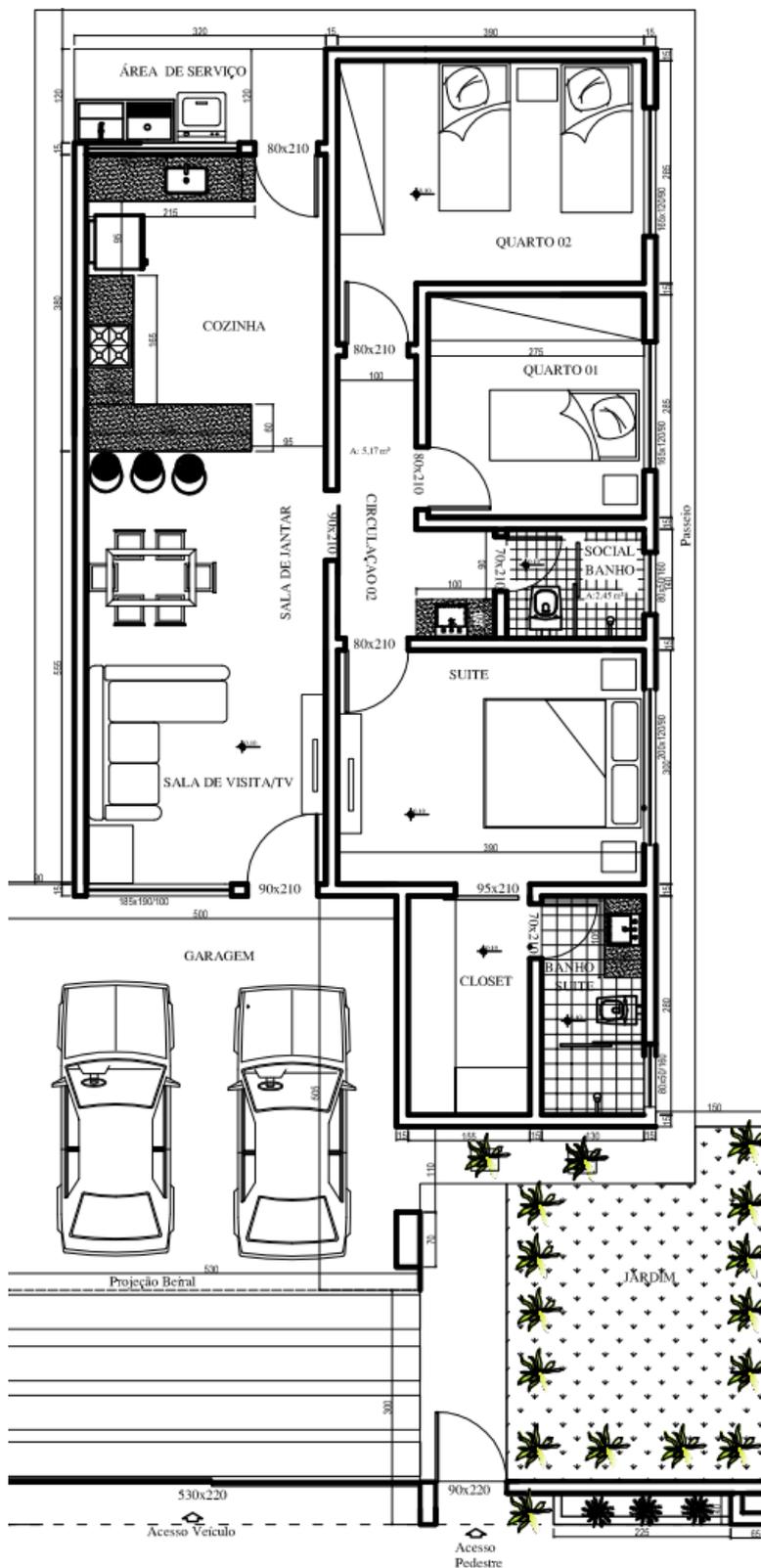
## APÊNDICE D – Orçamentos de materiais e equipamentos

Orçamento de Materiais e Equipamentos em Lagoa da Prata				
Descrição	Unidade	Orçamentos		
		Orç. 1	Orç. 2	Orç. 3
<b>Materiais</b>				
Areia média lavada	m <sup>3</sup>	R\$ 81,90	R\$ 67,50	-
Areia grossa lavada	m <sup>3</sup>	R\$ 60,00	R\$ 61,00	R\$ 60,00
Brita 1	m <sup>3</sup>	R\$ 68,75	R\$ 97,50	R\$ 82,50
Cal hidratada CH III 20kg	sc	R\$ 13,50	R\$ 13,00	R\$ 13,50
Cimento CII E-32 50kg	sc	R\$ 27,30	R\$ 27,50	R\$ 27,00
Bloco cerâmico furado de vedação 19x19x9cm	un	R\$ 1,12	R\$ 1,15	-
Argamassa polimérica Biomassa	kg	R\$ 4,50	-	-
Concreto usinado C20	m <sup>3</sup>	R\$ 340,00	R\$ 355,00	-
Concreto usinado C25	m <sup>3</sup>	R\$ 355,00	R\$ 365,00	-
Concreto usinado C30	m <sup>3</sup>	R\$ 370,00	R\$ 390,00	-
Argamassa usinada p/ assentamento de tijolo	m <sup>3</sup>	R\$ 390,00	-	-
Argamassa usinada p/ reboco e emboço	m <sup>3</sup>	R\$ 410,00	-	-
Autonivelante	m <sup>3</sup>	R\$ 460,00	-	-
<b>Equipamentos</b>				
Betoneira	h	R\$ 0,91	R\$ 1,00	
Bomba para autonivelante - taxa mínima	un	R\$ 1.200,00	-	-
Bomba para concreto - taxa mínima	un	R\$ 900,00	R\$ 600,00	-
Bomba para concreto - por m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	R\$ 30,00	R\$ 30,00	-

Fonte: Os autores, 2021.

## ANEXOS

## ANEXO A – Planta baixa



Fonte: Arquivo pessoal, 2021.

## ANEXO B – Concretagem de Vigas/Lajes

**CONCRETAGEM DE VIGAS/LAJES**

a) faixa de valores de produtividade da mão-de-obra:

Mín = 0,60

Med = 1,54

Máx = 4,23

**Produtividade dos operários (Hh/m<sup>3</sup>) com 50% de oficiais +  
50% de ajudantes**

Vigas mais largas	Vigas estreitas
Lajes espessas	Lajes esbeltas
Uso de concreto bombeado	Uso de grua ou elevador de obras
Adoção de caçambas ou jericas em quantidade coerente com a capacidade do sistema de transportes	Adoção de número reduzido de caçambas ou jericas
Existência de mais de um vibrador	Vibrador único
Andar sendo concretado mais baixo	Andar sendo concretado alto
Concretagem programada para uso de turnos completos de trabalho	Concretagem utilizando parte do turno de trabalho
Entrega de concreto sem atraso	Atrasos na chegada dos caminhões-betoneira
Troca de caminhões ágil	Troca demorada de caminhões
Proximidade entre locais de descarregamento do concreto em relação ao equipamento de transporte vertical	Local de recebimento do concreto não compatível com o sistema de transporte vertical
Equipe bem dimensionada para a velocidade de concretagem	Excesso de pessoas na equipe
Bom funcionamento do equipamento de transporte	Ocorrência freqüente de paralisações por problemas com o equipamento de transporte vertical
Paga-se tarefa atraente	Trabalho sem incentivo
Serviço em condições favoráveis: fatores climáticos favoráveis; baixa rotatividade da mão-de-obra; operários satisfeitos	Serviço em condições desfavoráveis: fatores climáticos desfavoráveis; alta rotatividade da mão-de-obra; operários insatisfeitos

b) produtividade mediana (em Hh/m<sup>3</sup>) em função do equipamento de transporte adotado:

TRANSPORTE VERTICAL	PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA
Elevador e jericas	2,97
Grua e caçambas	2,09
Bomba	1,46

Fonte: TCPO – 13ª Edição