

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Mateus César Colussi da Silva**

**ANÁLISE DA ESCOLHA DE DIFERENTES TIPOS DE  
TRANSPORTE HORIZONTAL E VERTICAL DE MATERIAIS  
NA EXECUÇÃO DE EDIFÍCIOS**

Porto Alegre  
Novembro, 2021

**MATEUS CÉSAR COLUSSI DA SILVA**

**ANÁLISE DA ESCOLHA DE DIFERENTES TIPOS DE  
TRANSPORTE HORIZONTAL E VERTICAL DE MATERIAIS  
NA EXECUÇÃO DE EDIFÍCIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de  
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientadora: Profa. Cristiane Sardin Padilla de Oliveira**

Porto Alegre  
Novembro, 2021

**MATEUS CÉSAR COLUSSI DA SILVA**

**ANÁLISE DA ESCOLHA DE DIFERENTES TIPOS DE  
TRANSPORTE HORIZONTAL E VERTICAL NA EXECUÇÃO  
DE EDIFÍCIOS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, novembro de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**

**Professora Cristiane Sardin Padilla de Oliveira (UFRGS)**  
Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientadora

**Professora Daniela Dietz Viana (UFRGS)**  
Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Engenheira Caroline Giordani (UFRGS)**  
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, José e Vera, a meus irmãos Lucas e Rodolfo, a minha namorada Stéphanie e a minha cunhada Vitória por todo o amor e apoio incondicional.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a meus pais, José e Vera, a meus irmãos Lucas e Rodolfo, a minha namorada Stéphanie e a minha cunhada Vitória pela paciência e carinho que tiveram comigo ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos amigos e amigas que fiz ao longo da graduação por tornarem esta aventura mais alegre.

Agradeço a MSR Engenharia e seus profissionais pela oportunidade de desenvolver meu trabalho em uma de suas obras, disponibilizando tempo, atenção e materiais da empresa.

Agradeço a Professora Cristiane Sardin pela orientação e ajuda ao longo de toda minha graduação e em especial no desenvolvimento deste trabalho.

“Eu posso aceitar o fracasso, todo mundo falha em alguma coisa, mas eu não posso aceitar não tentar.”

*Michael Jordan*

## RESUMO

Tendo em vista que para garantir uma boa produção em um canteiro de obras, mantendo-o organizado e seguro, é fundamental que o transporte de materiais, tanto horizontal quanto vertical, seja eficiente e realizado de forma que atenda às necessidades da obra. Por tanto é de extrema importância planejar o sistema de movimentação de materiais mais adequado. Este trabalho fez uma análise sobre os diferentes tipos de transporte horizontal e vertical de materiais dentro de um canteiro de obras, sendo escolhida uma edificação, que estava em fase de execução, na cidade de Porto Alegre, para qual foram elaboradas três propostas diferentes para a realização de todos os transportes de materiais em seu canteiro de obras. Inicialmente a obra foi apresentada, com suas características e particularidades e como elas poderiam afetar a movimentação de materiais pelo canteiro de obras. Na segunda parte do trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica sobre transporte de materiais em canteiros de obras e alguns dos equipamentos que são utilizados para a realização de movimentações de cargas. Na sequência foram elaboradas três propostas para a execução do transporte horizontal e vertical de materiais no canteiro de obras, sendo que cada uma delas foi analisada por diferentes critérios, como preço, segurança das operações, produtividade e a praticidade que traria para o canteiro. Após a elaboração e análise das propostas, foi concluído que cada uma apresenta suas vantagens e desvantagens, sendo a escolha dependente das demandas do canteiro de obra e de outros critérios mais importantes para o sistema de transporte da obra.

Palavras-chave: Transporte de Materiais, Canteiro de Obras, Grua Estacionária de Torre Fixa, Grua Ascensional, Elevador Cremalheira.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Croqui simplificado do canteiro de obras .....	17
Figura 2 – Corte esquemático da edificação .....	18
Figura 3 – Foto aérea do canteiro de obras com ênfase na etapa dois em estágio inicial	19
Figura 4 - Lajes do térreo, segundo e terceiro pavimento .....	20
Figura 5 - Lajes do quarto e quinto pavimento .....	20
Figura 6 – Lajes do sexto e sétimo pavimento .....	21
Figura 7 – Croqui de representação da frente do canteiro de obras .....	23
Figura 8 – Croqui de alteração da entrada do canteiro de obras .....	24
Figura 9 – Piso polido concretado em fase de cura .....	25
Figura 10 – Piso polido concretado utilizado como armazenamento de materiais .....	26
Figura 11 – Processo de lapidação de concreto polido .....	26
Figura 12 – Colocação dos cabos de aço para protensão na laje do pavimento térreo ....	29
Figura 13 – Concretagem da 2ª etapa da laje do térreo .....	29
Figura 14 – Parte do projeto de distribuição dos cabos de protensão da laje do segundo pavimento .....	30
Figura 15 – Representação gráfica das partes de uma grua estacionária de torre fixa .....	36
Figura 16 – Montagem de grua estacionária de torre fixa com auxílio de guindaste móvel .....	38
Figura 17 – Exemplo garfo paleteiro para guas .....	39
Figura 18 – Exemplo de caçamba de entulhos para guas .....	39
Figura 19 – Exemplo de balde de guas .....	40
Figura 20 – Representação gráfica de uma grua ascensional .....	41
Figura 21 – Foto de uma grua ascensional em canteiro de obras .....	42
Figura 22 – – Detalhe de fixação de uma grua ascensional .....	43
Figura 23 – Guindaste do tipo derrick instalado no topo de uma edificação .....	45
Figura 24 – Guindaste do tipo derrick desmontando uma grua ascensional .....	46
Figura 25 – Exemplo de check list diário para grua de torre fixa .....	49
Figura 26 – Elevador cremalheira .....	52
Figura 27 – Elevador cremalheira instalado em canteiro de obras .....	52
Figura 28 – Processo de montagem de elevador cremalheira .....	53
Figura 29 - Montagem manual de elemento do elevador cremalheira .....	54
Figura 30 – Croqui com a posição da grua .....	57
Figura 31 – Raio de alcance da grua no segundo e terceiro pavimento .....	58

Figura 32 – Raio de alcance da grua no quarto e quinto pavimento .....	58
Figura 33 – Raio de alcance da grua no sexto e sétimo pavimento .....	59
Figura 34 – Exemplo de plataforma de recebimento de materiais .....	60
Figura 35 – Capacidade de carga da grua estacionária de torre fixa .....	62
Figura 36 – Croqui com a posição da grua e do elevador cremalheira .....	65
Figura 37 – Posição da grua e do elevador cremalheira no segundo e terceiro pavimento .....	66
Figura 38 – Posição da grua e do elevador cremalheira no quarto e quinto pavimento ...	66
Figura 39 – Posição da grua e do elevador cremalheira no sexto e sétimo pavimento ....	67
Figura 40 – Paredes que não poderiam ser executadas para realização de abastecimento no quarto pavimento .....	71
Figura 41 – Croqui do pavimento térreo com a posição da grua ascensional 01 e do elevador cremalheira .....	72
Figura 42 – Posição das gruas ascensionais e do elevador cremalheira no segundo e terceiro pavimento .....	73
Figura 43 – Posição das gruas ascensionais e do elevador cremalheira no quarto e quinto pavimento .....	73
Figura 44 – Posição das gruas ascensionais e do elevador cremalheira no sexto e sétimo pavimento .....	74

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Custo da proposta 01 .....	61
Tabela 2 – Custo da proposta 02.....	68
Tabela 3 – Custo da proposta 03 .....	76
Tabela 4 –Tabela de comparativo de valores das propostas .....	79
Tabela 5 –Tabela de conclusão final .....	81

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Tipologia dos canteiros de obras .....	22
Quadro 2 – Sistemas e equipamentos de transporte viáveis em obras de edifícios multipavimentos .....	34

## **LISTA DE SIGLAS**

ANAPRE – Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

FGV – Fundação Getúlio Vargas

INCC – Índice Nacional da Construção Civil

PH – Potencial Hidrogeniônico

NBR – Norma Brasileira

SMAM – Sistema de Movimentação e Armazenamento de Materiais

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 ESCOPO .....	15
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	15
<b>1.2.1 Objetivos Principais</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2.2 Objetivos Secundários</b> .....	<b>15</b>
1.3 DELIMITAÇÃO .....	15
1.4 LIMITAÇÃO .....	15
1.5 DELINEAMENTO .....	16
<b>2 OBRA</b> .....	<b>17</b>
2.1 INFORMAÇÕES GERAIS .....	17
2.2 CANTEIRO DE OBRAS .....	19
2.3 LAJE PROTENDIDA .....	26
<b>2.3.1 Possíveis interferências da execução dos transportes nas lajes protendidas ...</b>	<b>30</b>
<b>3 TRANSPORTE HORIZONTAL E VERTICAL DE MATERIAIS</b> .....	<b>32</b>
3.1 GRUA ESTACIONÁRIA .....	35
3.2 GRUA ASCENSIONAL .....	44
<b>3.2.1 Requisitos normativos para projeto e operação de guas</b> .....	<b>46</b>
3.3 ELEVADOR CREMALHEIRA .....	51
<b>4 PROPOSTAS</b> .....	<b>56</b>
4.1 PROPOSTA 01 .....	56
<b>4.1.1 Custo</b> .....	<b>60</b>
<b>4.1.2 Praticidade</b> .....	<b>61</b>
<b>4.1.3 Segurança</b> .....	<b>62</b>
<b>4.1.4 Análise</b> .....	<b>63</b>
4.2 PROPOSTA 02 .....	64
<b>4.2.1 Custo</b> .....	<b>67</b>
<b>4.2.2 Praticidade</b> .....	<b>68</b>
<b>4.2.3 Segurança</b> .....	<b>69</b>
<b>4.2.4 Análise</b> .....	<b>69</b>
4.3 PROPOSTA 03 .....	71
<b>4.3.1 Custo</b> .....	<b>74</b>
<b>4.3.2 Praticidade</b> .....	<b>76</b>

<b>4.3.3 Segurança .....</b>	<b>77</b>
<b>4.3.4 Análise .....</b>	<b>77</b>
<b>4.4 COMPARATIVO DE VALORES .....</b>	<b>78</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>80</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil brasileira vem sofrendo fortes mudanças nas últimas décadas. Segundo Isatto (2000), essas transformações são causadas principalmente pelo aumento exacerbado da competição existente no setor, um maior nível de exigência dos seus principais clientes, e reivindicações por melhoria das condições de trabalho por parte da mão de obra.

Além disso, a nova situação econômica do país, estabelecida após o início da pandemia da COVID 19 trouxe um aumento exagerado no preço da maioria dos insumos utilizados na construção civil como por exemplo aço, concreto, materiais elétricos e hidráulicos. De acordo com estudo feito pela FGV, o INCC – Materiais e Equipamentos, no período entre fevereiro de 2020 até fevereiro de 2021, contabilizou alta de 25,05%, o que correspondeu a maior elevação registrada desde julho/2003 (25,34%).

Tendo em vista o novo cenário que se apresenta, as empresas envolvidas nesse meio estão estudando possibilidades de reduzir ou cortar ao máximo as despesas e os gastos para que seu lucro operacional continue rentável sem aumentar demasiadamente o valor do serviço oferecido.

O mercado da construção civil, especificamente a área de edificações, é constantemente citada como exemplo de setor defasado, com baixos índices de produtividade e com um exagerado desperdício de insumos, apresentando, na maioria das vezes, desempenho inferior à indústria de transformação. (FORMOSO; SAURIN, 2006)

Essa busca por um processo de melhoramento contínuo, pode ser vista, dentro da construção civil, na otimização e compatibilização de projetos, no aperfeiçoamento da mão de obra, nos planejamentos das atividades cada vez mais precisos e detalhados contemplando todos os possíveis problemas, com o principal objetivo de aumentar a produtividade, dentre outros benefícios, da empresa.

Segundo Formoso (2021), estes conceitos estão relacionados aos fundamentos da produção enxuta, ou *lean production*, e sua aplicação no mercado da construção civil tem sido objeto de

estudo desde o início dos anos 90, quando foi criada a denominação da construção enxuta, ou *lean construction*.

Dentro de um canteiro de obras, uma situação que pode gerar um grande aumento na produção e ser um facilitador para as outras atividades é o armazenamento e transporte dos materiais de modo eficiente dentro do canteiro. Segundo Santos (1995), o transporte é classificado como uma atividade de suporte, sendo umas das que mais consomem tempo, energia e mão de obra, portanto, é de extrema importância nos programas de melhoria.

Por exemplo, um canteiro de obras bem organizado, com os insumos distribuídos de maneira que facilite sua movimentação por diferentes áreas e com um maquinário adequado para esse transporte de materiais aumenta muito a produtividade da obra como um todo.

Ichtenstein (1987a), divide os tipos de transporte através da decomposição do vetor-deslocamento em vertical e horizontal. Em um sistema de transporte decomposto o deslocamento horizontal e vertical do material ocorre separadamente. Por exemplo, para a movimentação de argamassa ensacada com carrinho de mão, o auxiliar de produção realiza o transporte horizontal empurrando o carrinho pelo canteiro de obras, enquanto o transporte vertical seria feito com um elevador cremalheira. Por sua vez, o sistema não decomposto de transporte é feito por equipamentos que permitem o deslocamento tridimensional das cargas, como a grua.

Existem muitas opções diferentes de maquinários para a realização desses transportes de insumos, por exemplo gruas, mini gruas, elevadores cremalheiras e, na maioria dos casos, a combinação de mais de uma dessas máquinas pode apresentar a solução ideal para a obra em questão. É importante ressaltar que os equipamentos disponíveis no mercado estão sendo desenvolvidos e aperfeiçoados para atenderem de maneira mais eficiente os mais diferentes tipos de obra.

Partindo deste cenário, esse trabalho se propõe a fazer um estudo sobre o transporte de materiais na etapa de construção, analisando 3 possibilidades diferentes para uma mesma obra. Serão analisadas grua, mini grua e elevador cremalheira por uma ótica de produtividade, praticidade e custos além de outros impactos.

## 1.1 ESCOPO

O seguinte trabalho foi delimitado e desenvolvido pautado nas seguintes diretrizes que serão apresentadas nos próximos itens.

## 1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os diferentes objetivos deste trabalho foram os seguintes:

### 1.2.1 Objetivo principal

Determinar quais métodos de transporte de materiais, tanto horizontal quanto vertical, seriam os mais adequados para a obra específica com a qual o trabalho foi desenvolvido considerando custos, praticidade e segurança.

### 1.2.2 Objetivos secundários

- a) Demonstrar a importância que o transporte dos materiais pelo canteiro de obras tem no orçamento global da construção.
- b) Analisar diferentes equipamentos utilizados para o transporte de materiais mostrando seus pontos positivos e negativos, de forma que algumas ideias apresentadas no trabalho possam ser reutilizadas em outras obras, respeitando as particularidades de cada caso.

## 1.3 DELIMITAÇÃO

Este trabalho foi delimitado por uma análise pautada em uma revisão bibliográfica sobre as normas e estudos referentes a máquinas de transporte de materiais; entrevistas com engenheiros especialistas de diferentes áreas como gestores de obras, diretores de empresas de máquinas de transporte de materiais e projetistas estruturais; e um acompanhamento diário da obra em questão para uma análise mais completa e rica em informações. Com base nisso, foram desenvolvidas três propostas para a realização dos transportes de materiais nessa obra e uma análise da qual seria a mais adequada para a situação analisada.

## 1.4 LIMITAÇÃO

O presente trabalho apresenta as seguintes limitações:

- a) O trabalho foi realizado com base em valores condizentes com a realidade da construção civil da cidade de Porto Alegre;
- b) O trabalho se propôs a analisar uma obra específica, de uma edificação multifamiliar de 7 pavimentos na zona sul de Porto Alegre;
- c) Não necessariamente a proposta escolhida neste trabalho foi a mesma que a definida para a obra;
- d) O trabalho foi desenvolvido considerando os custos fixos de cada opção de transporte, não sendo contabilizados eventuais gastos extras para situações específicas.

## 1.5 DELINEAMENTO

O presente trabalho foi desenvolvido com as seguintes etapas:

- a) Pesquisa e revisão bibliográfica;
- b) Apresentação da obra;
- c) Maquinário para transporte horizontal e vertical;
- d) Entrevista com especialistas para coleta de dados;
- e) Acompanhamento diário da obra para levantamento de dados;
- f) Elaboração das 3 propostas;
- g) Análise dos dados;
- h) Conclusão e considerações finais;

A pesquisa e revisão bibliográfica deste trabalho foi desenvolvida com base em livros, artigos, teses, boletins técnicos, sites e dissertações sobre máquinas de transportes verticais e horizontais e seus impactos no canteiro de obras, além das normas da ABNT. Foi feito um acompanhamento diário na obra para um melhor entendimento da situação do canteiro, além disso foram realizadas diversas entrevistas com a equipe de gestão da obra, equipe de segurança, fornecedores de máquinas de transporte e projetistas estruturais.

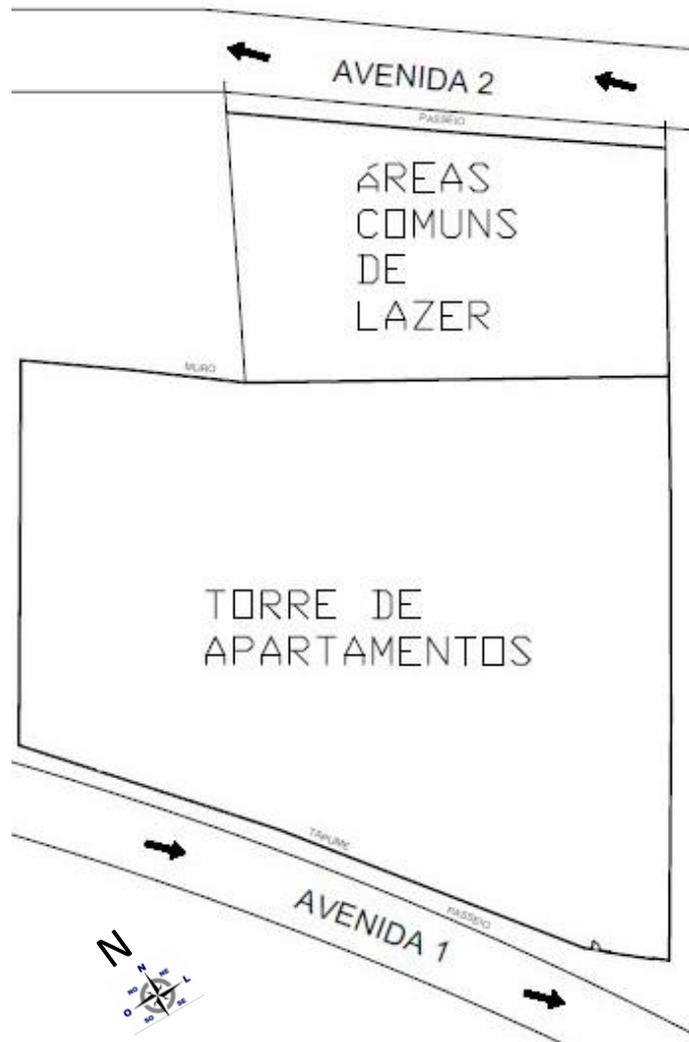
Na sequência foram elaboradas três propostas para a execução dos transportes de materiais pelo canteiro de obras, as quais foram analisadas por diferentes critérios como custo, praticidade e segurança e com base nisso foram feitas as conclusões pertinentes, é importante ressaltar que podem ser formulados diversas propostas, porém o trabalho se propôs a analisar apenas três.

## **2 OBRA**

### **2.1 INFORMAÇÕES GERAIS**

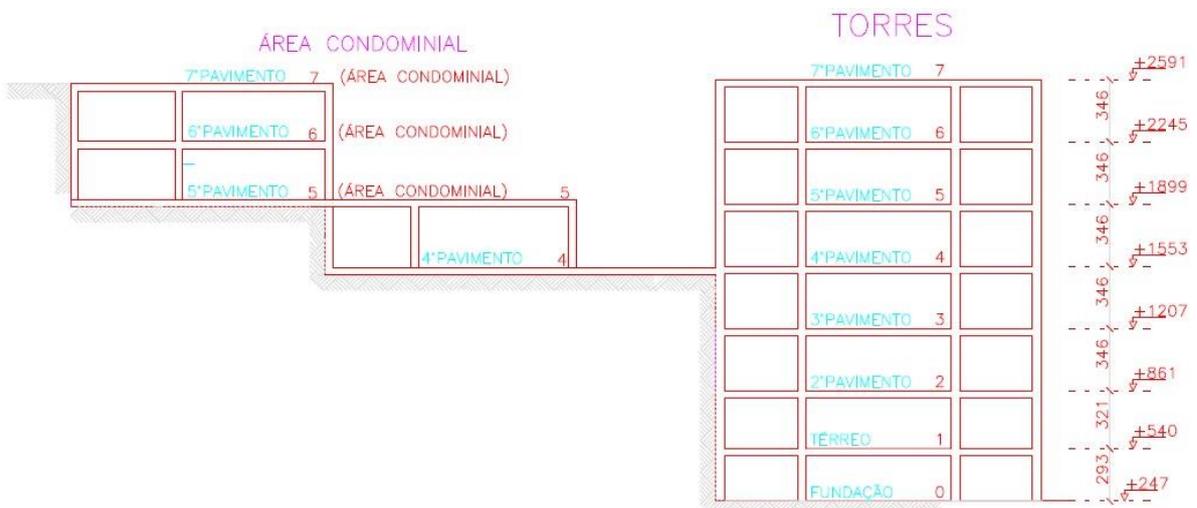
O seguinte estudo foi desenvolvido tendo como base o canteiro de obras de uma edificação multifamiliar de sete pavimentos localizadas na zona sul de Porto Alegre. A obra é dividida em duas etapas, a primeira etapa consiste nas áreas comuns do futuro condomínio, como por exemplo, sauna, piscina externa e interna, salão de festas e acesso para visitantes. A segunda etapa da obra serão os apartamentos dos futuros moradores, conforme mostram o croqui inicial do canteiro de obra e um corte esquemático de toda a edificação (Figuras 1 e 2).

Figura 1- Croqui simplificado do canteiro de obras



Fonte: Elaborado Pelo Autor

Figura 2 – Corte esquemático da edificação



Fonte: Arquivos da construtora (2019)

A obra terá um total de 26 apartamentos divididos em sete pavimentos, além dos sete pavimentos a obra também conta com um subsolo que servirá de estacionamento. A estrutura moldada *in loco* será composta por pilares e vigas de concreto armado, com lajes de concreto protendido. As vedações externas serão de alvenaria de blocos cerâmicos e as internas serão divisórias de gesso acartonado, os revestimentos internos serão divididos entre revestimento argamassado com massa corrida, cerâmicas e porcelanatos. Os revestimentos externos, por sua vez, consistem em esquadrias de vidros em quase toda fachada.

Tendo em vista que a primeira etapa referente as áreas comuns do condomínio está praticamente concluída, o estudo será desenvolvido tendo como base para todas as análises a etapa de número 2 (Figura 3), a qual consiste na execução de toda infraestrutura, estrutura, alvenarias e revestimentos internos e externos da torre de apartamentos.

Figura 3 – Foto aérea do canteiro de obras com ênfase na etapa dois em estágio inicial



Fonte: Arquivos da construtora (2021)

A obra teve início em novembro de 2019 e tem seu término previsto para março de 2023, e é importante ressaltar que, devido à COVID 19, a obra teve seu cronograma e orçamento adaptados para a nova realidade do mercado da construção civil pós pandemia. A edificação é considerada de alto padrão, com apartamentos com aproximadamente 350m<sup>2</sup> de área privativa.

## 2.2 CANTEIRO DE OBRAS

Ao longo do desenvolvimento do presente estudo, a obra estava em estágio inicial na etapa 2, de construção dos apartamentos, e com a etapa 1, das áreas comuns, em fase de acabamento. Por estarem mais adiantadas no processo de execução, as áreas comuns estavam sendo usadas como escritório para a equipe de engenharia da obra enquanto o canteiro de obra propriamente dito estava na parte dos apartamentos.

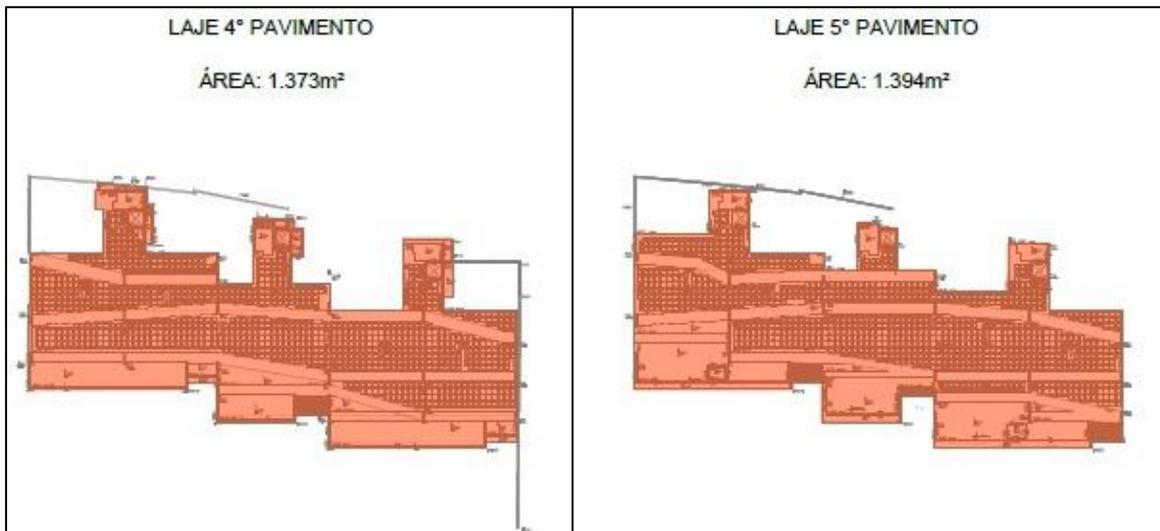
A obra apresenta algumas particularidades, como por exemplo, a estrutura da edificação de pilares e vigas de concreto armado e lajes de concreto protendido pós tensionado. Além disso, por questões arquitetônicas, as lajes foram projetadas de maneira escalonada sendo a laje do segundo pavimento a maior de todas, ocupando praticamente a totalidade da área do canteiro de obra, enquanto a laje do terceiro pavimento recua alguns metros para dentro do terreno em relação ao final da laje do segundo pavimento. A laje do quarto pavimento, também recua alguns metros em direção ao interior da obra. Por sua vez, a laje do quinto pavimento avança alguns metros em direção a calçada, sendo maior que a laje do pavimento de baixo. Finalmente, as lajes do sexto e sétimo pavimento são no mesmo alinhamento e um pouco menores que a laje do quinto pavimento, conforme mostram as Figuras de 4 a 6.

Figura 4 - Lajes do térreo, segundo e terceiro pavimento



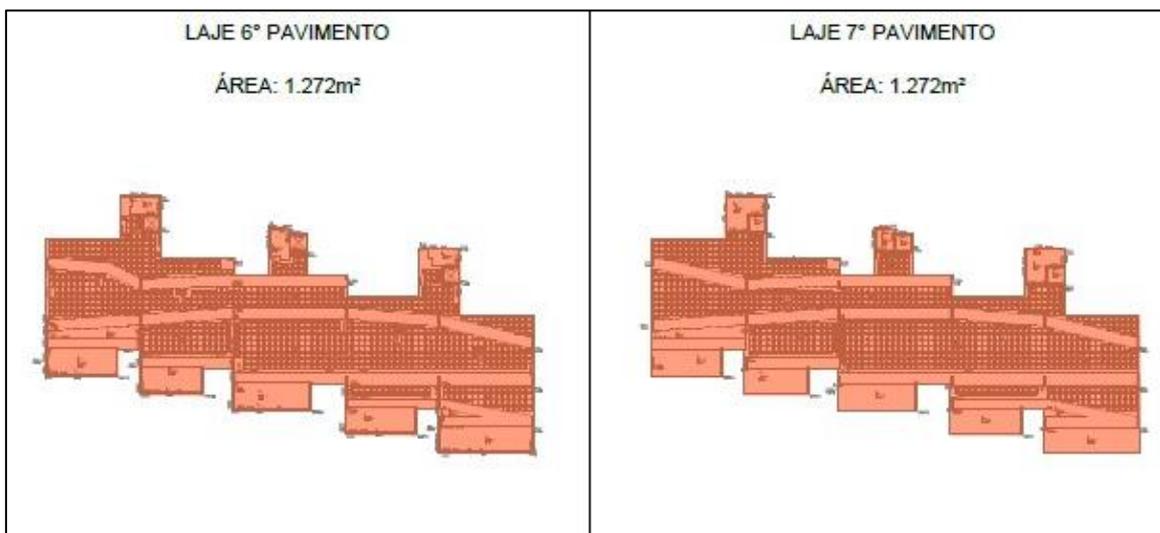
Fonte: Elaborado Pelo Autor

Figura 5 - Lajes do quarto e quinto pavimento



Fonte: Elaborado Pelo Autor

Figura 6 - Lajes do sexto e sétimo pavimentos



Fonte: Elaborado Pelo Autor

Apesar do esforço das grandes construtoras, especialmente das empresas focadas no segmento minha casa minha vida como MRV e Tenda, em padronizar suas obras e, conseqüentemente, tornar seus canteiros de obras o mais uniformes possível para uma maior produção e menor desperdício, nenhum canteiro de obra é igual. Mesmo assim é possível categorizá-los em grupos, de acordo com algumas características em comum, para objetivo de análise. Conforme sugere Illingworth (1993), os canteiros de obras podem ser classificados dentro de um dos três

seguintes tipos: restritos, amplos e longos e estreitos. O Quadro 1 indica as características gerais de cada um dos tipos.

Quadro 1- Tipologia dos canteiros de obras

TIPOS	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
RESTRITOS	A área construída ocupa uma parcela muito grande do espaço do canteiro, possui acessos difíceis.	Construções em áreas centrais da cidade ou reformas
AMPLOS	A área construída ocupa uma pequena parcela do espaço do canteiro, possui disponibilidade de acessos fáceis, áreas para armazenamento de materiais e alojamentos de pessoal	Construção de plantas industriais, conjuntos habitacionais horizontais ou outras grandes obras como barragens e usinas
LONGOS ESTREITOS	E São restritos em apenas uma direção, em geral possui disponibilidade de acessos na menor dimensão do terreno.	Trabalhos em estradas ou rodovias, redes de gás e petróleo

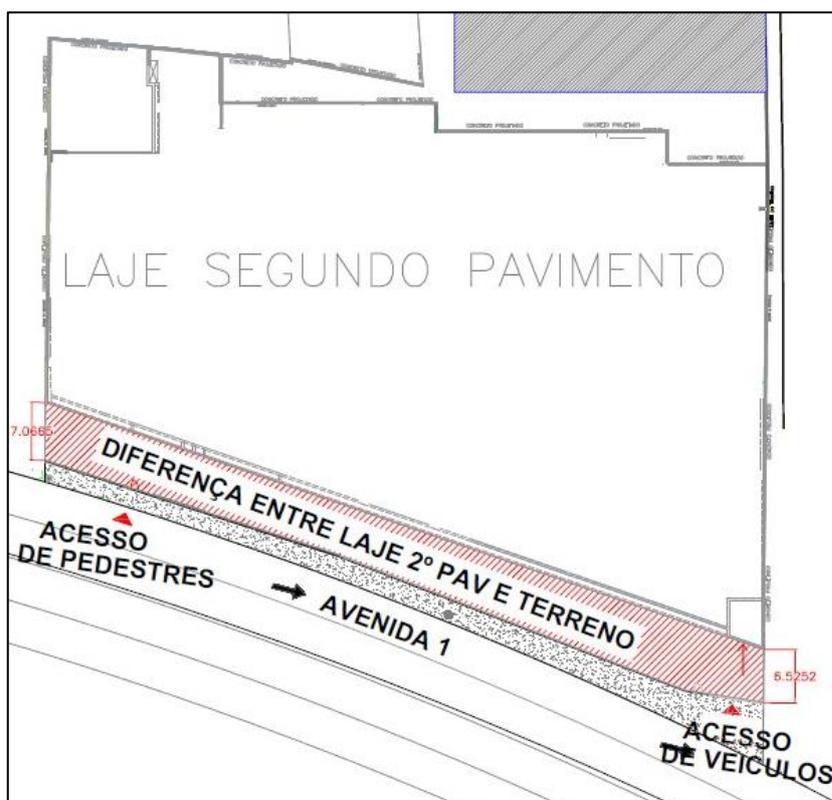
Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Illingworth (1993)

Ainda segundo Illingworth (1993), os canteiros de obra do tipo restritos normalmente estão localizados nas regiões centrais da cidade, locais altamente urbanizados e com um comércio bem desenvolvido e graças a isso, normalmente o custo por obra construída é mais elevado, portanto é de suma importância nesse tipo de situação aproveitar o máximo possível do terreno para tornar o projeto mais rentável. Por outro lado, esse tipo de canteiro de obra requer mais atenção no momento do planejamento e costuma apresentar um maior nível de dificuldade ao longo do desenvolvimento da edificação.

Tendo como base a classificação de Illingworth (1993), o canteiro de obras analisado no presente estudo se enquadra na classificação de canteiro tipo restrito, pois a edificação apresenta uma fachada escalonada e soma-se a isso o fato da laje do segundo pavimento ocupar praticamente toda a área do canteiro de obra. Para o desenvolver da execução da edificação cria-se um problema de armazenamento e transporte de materiais, tendo em vista que isso dificulta o acesso de caminhões para carga e descarga de insumos e, conseqüentemente inviabiliza um espaço de armazenamento.

Nos primeiros estágios da obra, durante a execução das fundações, subsolos e paredes de contenções, o canteiro de obra apresentava apenas uma entrada e saída para veículos, localizada na extremidade direita do terreno. Para fins de ilustração, a Figura 7 mostra a localização do acesso de veículos e também o tamanho que a laje do 2º pavimento ocupa em relação à totalidade do terreno.

Figura 7 – Croqui de representação da frente do canteiro de obras no período inicial da etapa 2

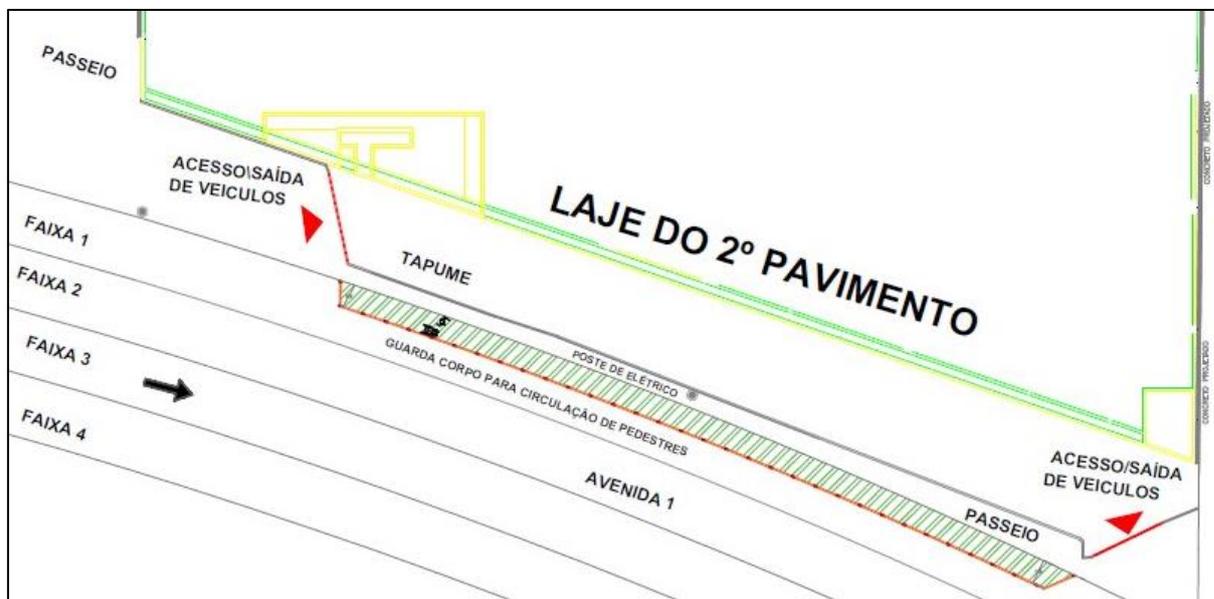


Fonte: Elaborado Pelo Autor

Com o intuito de otimizar o espaço disponível no canteiro de obra e facilitar o acesso de veículos, foram feitas algumas modificações no tapume frontal. O tapume será avançado em direção à calçada, chegando ao alinhamento do poste elétrico existente, deixando-o do lado de fora do terreno para que a prefeitura possa realizar qualquer manutenção necessária. Além disso será criado um guarda corpo de 80 centímetros de largura na primeira faixa da avenida 1 para a passagem e circulação de pedestres, de maneira que somando os 80 centímetros do guarda corpo com o restante do espaço que sobrou na calçada será respeitada a distância mínima de 1,0 m de passeio livre para pedestres estabelecida no Código de Edificações de Porto Alegre LC N° 284 (2001). Foi também criado um segundo portão para acesso de veículos na outra extremidade do terreno de forma que os caminhões possam entrar por um portão, descarregar os materiais e sair pelo outro portão, acelerando o processo de carga e descarga dos insumos e diminuindo os problemas com o trânsito na região, já que a obra está sendo executado em uma das principais avenidas da cidade. Também foi modificada a posição do antigo portão de acesso, que acompanhou o avanço do tapume em direção a calçada gerando assim mais espaço no

interior do canteiro. Essas alterações foram enviadas para a EPTC para validação. A Figura 8 mostra as alterações realizadas e a nova situação do canteiro.

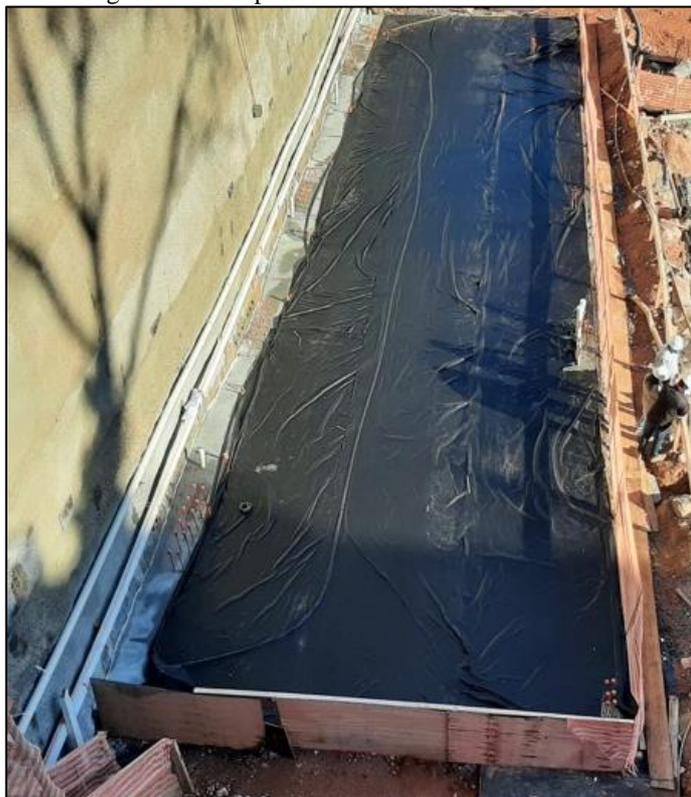
Figura 8 – Croqui de alteração da entrada do canteiro de obras



Fonte: Elaborado Pelo Autor

Outra característica da obra que é importante ressaltar é de que as lajes do pavimento térreo e os pisos do nível subsolo serão executados com concreto polido. Segundo Cruz (2015), esse é um tipo de acabamento delicado e a manutenção do piso deve ser levada em consideração desde o início do projeto, pois está diretamente relacionada à utilização do mesmo e sua durabilidade, e, portanto, não é aconselhável usar esse tipo de superfície como armazenamento de materiais mais pesados, como, por exemplo, aço e madeira, pois eles podem danificar com arranhões ou fissuras a superfície do concreto polido. Na Figura 9 tem-se um trecho de piso polido em cura.

Figura 9 – Piso polido concretado em fase de cura



Fonte: Autor

Isso cria mais uma dificuldade relacionada ao armazenamento de materiais no canteiro de obras porque os locais de mais fácil acesso, como a laje do térreo e subsolo, que não necessitam de um maquinário especializado para o transporte desses insumos, não são os ideais para o armazenamento de alguns deles em específicos.

Após uma entrevista realizada com um engenheiro que trabalha em uma empresa especializada em concreto polido, caso a obra decida utilizar esse espaço como armazenamento dos materiais, pode ser realizado um processo de lapidação no concreto, o que é a solução mais comum para os casos de pisos de concreto polido que estejam danificados. Segundo a ANAPRE (2018), a lapidação do concreto consiste no lixamento e polimento do piso, utilizando equipamentos abrasivos progressivamente mais finos até chegar no nível desejado de acabamento, recuperando-o das fissuras e arranhões ocorridos ao longo da execução da obra e aumentando sua resistência à abrasão no futuro. Esse processo de lapidação, porém significa um custo extra para a obra, tendo em vista que será um retrabalho no concreto polido já executado. É importante ressaltar que o concreto polido não pode ser usado como armazenamento para produtos químicos, pois caso aconteça o derramamento de algum destes, o piso ficará manchado e dependendo do PH e da concentração do produto, as manchas não sairão. A Figura 10 mostra

o piso polido sendo utilizado como armazenamento de materiais, enquanto na Figura 11 tem-se uma imagem do processo de lapidação do piso polido.

Figura 10 – Piso polido concretado utilizado como armazenamento de materiais



Fonte: Autor

Figura 11 – Processo de lapidação de concreto polido



Fonte: Engenharia de Superfície (2021)

## 2.3 LAJE PROTENDIDA

Conforme citado acima, a obra utilizada como base para o desenvolvimento do presente estudo apresenta uma estrutura de lajes protendidas. Segundo o catálogo da empresa Rudloff (2021), utilizar esse tipo de estrutura significa fazer uso de uma tecnologia inteligente, eficaz e

duradoura porque a protensão permite aproveitar ao máximo a resistência mecânica de seus principais constituintes: o aço e o concreto. Esse método de construção permite minimizar a quantidade de armaduras dentro das peças estruturais como lajes, vigas e pilares. Esta redução de armadura não apenas traz uma economia muito grande para a obra, mas também diminui a quantidade de aço para armazenar no canteiro de obra, o que é um dos principais obstáculos para a situação analisada no presente estudo.

Segundo Rios (2021), concreto protendido também apresenta uma durabilidade maior do que o concreto armado, pois devido à ausência ou redução da fissuração, uma das características do concreto protendido, as armaduras estão mais protegidas, diminuindo assim o efeito da corrosão, que é um dos principais responsáveis pela diminuição da vida útil da estrutura.

Segundo Rios (2021) outro benefício da protensão é que ela nos permite trabalhar com grandes vãos, devido à alta resistência do concreto e do aço. Graças a isso podemos reduzir o número de pilares internos dos apartamentos e conseqüentemente o arquiteto terá mais liberdade para esboçar suas ideias, um diferencial para projetos inovadores, como a obra em questão.

A norma NBR 7197 (ABNT 1981, p. 3) define concreto protendido como uma peça de concreto que “é submetida a um sistema de forças especialmente e permanentemente aplicadas, chamadas forças de protensão e tais que, em condições de utilização, quando agirem simultaneamente com as demais ações impeçam ou limitem a fissuração do concreto”.

Ainda segundo a norma NBR 07197 (ABNT 1981, p. 3), o concreto protendido pode ser de três diferentes tipos:

- a) Concreto protendido com aderência inicial com armadura de protensão pré-tracionada: quando o estiramento da armadura de protensão é feita antes do lançamento do concreto na peça, utilizando-se apoios independentes da peça, e a ancoragem do aço com o concreto se dá apenas por aderência.
- b) Concreto protendido com aderência posterior com armadura de protensão pós-tracionada: quando o estiramento da armadura de protensão é realizado depois do endurecimento do concreto, utilizando-se partes da própria peça como apoio, sendo assim a aderência surge posteriormente com o concreto de modo permanente.
- c) Concreto protendido sem aderência com armadura de protensão pós tracionada: é o mesmo obtido no item b, porém após o estiramento da armadura de protensão, não é criada a aderência com o concreto.

A obra deste estudo optou pela realização do concreto protendido sem aderência com armadura de protensão pós tracionada. Segundo catálogo da empresa Rudloff (2021), a protensão não aderente pode ser executada a partir de equipamentos leves, facilmente aplicáveis em obras de pequeno porte. As cordoalhas engraxadas são leves, de fácil manuseio e flexíveis, o que permite a existência de curvas em sua disposição em planta, facilita o transporte pelo canteiro de obras e manuseio no momento da execução. Segundo Cauduro (2021), o concreto protendido pós tracionado sem aderência apresenta algumas vantagens como por exemplo sessões mais esbeltas e leves, vãos longos mais econômicos com menor número de pilares, formas simples e de fácil montagem/desmontagem, resultando em menos mão-de-obra, rapidez na execução e enorme economia, entre outros.

Ainda segundo Cauduro (2021), o processo de execução consiste em primeiramente fazer o assalamento e montagem da forma da laje e na sequência são colocadas as armaduras positivas do concreto. Logo após as armaduras positivas do concreto, são colocados os cabos de pós-tração ainda não tensionados na fôrma em seus devidos lugares. As barras de aço comum aderentes, nesse caso são as armaduras negativas e reforços estruturais, também são colocadas nos locais especificados pelo projeto e todo o aço é seguramente amarrado na posição definida pelo engenheiro estrutural. No próximo passo, é realizada a concretagem de toda a peça. Depois que o concreto atingiu cerca de 75% da resistência estabelecida no projeto, o aço de protensão (engraxado e envolto por uma bainha de polietileno) é tensionado por um macaco hidráulico, que se apoia diretamente na placa de ancoragem embutida no concreto endurecido. A força no aço é então transferida para o concreto através dos dispositivos de ancoragem nas extremidades do elemento estrutural. As Figuras 12 e 13 mostram, respectivamente, o processo de execução de uma laje de concreto protendido e a concretagem desta mesma laje.

Figura 12 – Colocação dos cabos de aço para protensão na laje do pavimento térreo.



Fonte: Autor

Figura 13 – Concretagem da 2ª fase da laje do térreo.



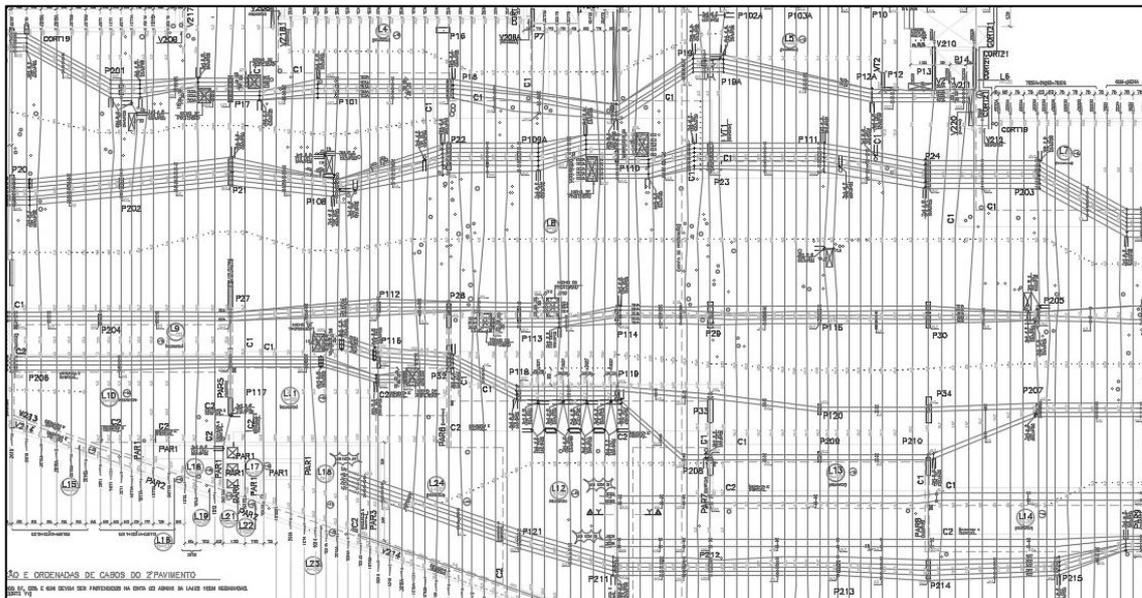
Fonte: Autor

### 2.3.1 Possíveis interferências da execução dos transportes nas lajes protendidas

Tendo em vista que a laje do segundo pavimento ocupa quase que a totalidade do terreno disponível para a edificação, independente do maquinário escolhido pela obra para a execução dos transportes tanto verticais quanto horizontais de materiais, como grua, grua ascensional ou elevador cremalheira, ele precisará atravessar a laje do segundo pavimento.

Segundo entrevista ao projetista estrutural da obra, a melhor opção para essa situação é executar o mínimo possível de passagens pelas lajes. Por exemplo, no caso dos aparelhos como grua ou grua ascensional, do ponto de vista estrutural, é menos prejudicial à estrutura da edificação, escolher uma localização que atravessasse o mínimo possível das lajes. Neste caso em análise, a opção mais adequada seria, portanto, posicionar o equipamento de maneira que ele não precise atravessar as lajes do terceiro pavimento para cima, aproveitando o fato de serem escalonadas. Do ponto de vista da execução, foi recomendado concretar toda a laje com o equipamento no meio dela, posicionando a grua ou grua ascensional em um local que não interrompa nenhuma cordoalha, mas sem deixar uma caixa de passagem. Desta forma a laje absorverá os momentos gerados pela grua, diminuindo a necessidade de contraventamento do equipamento pois a própria laje de concreto protendido terá essa função. A Figura 14 mostra uma parte do projeto estrutural da distribuição dos cabos de protensão da laje do segundo pavimento.

Figura 14 – Parte do projeto de distribuição dos cabos de protensão da laje do segundo pavimento



Fonte: Projetista estrutural da obra

No que diz respeito ao posicionamento do elevador cremalheira, conforme entrevista com o engenheiro projetista estrutural da obra referência para o desenvolvimento deste estudo, caso decida-se utilizar um elevador cremalheira para o transporte vertical de materiais e pessoas, o elevador precisa ser posicionado em uma região estratégica da laje, que não tenha uma concentração muito grande de cabos para podermos desviar o trajeto dos mesmos e deixar as esperas necessárias na região onde será refeita. Caso for inserida em um balanço ou em alguma região de mais impacto, pode atrapalhar gerando deformações de apoio. Portanto, é muito importante posicionar o elevador cremalheira de maneira que facilite as operações e otimize a estrutura na laje.

### 3 TRANSPORTE HORIZONTAL E VERTICAL DE MATERIAIS

Segundo Bessler (2017), dentro dos canteiros de obras, o sistema de movimentação e armazenamento de materiais (SMAM) é, na maioria dos casos, o ponto que apresenta o maior potencial de melhoria através do canteiro, tendo em vista que ele está diretamente relacionado com todas as atividades que acontecem ao longo da execução das edificações. Uma melhor performance do SMAM significa uma maior produtividade, menor tempo para execução das atividades e uma menor perda por desperdício de materiais.

De acordo com Saurin (1997), a tarefa de planejamento do sistema de movimentação e armazenamento de materiais está diretamente relacionada com a organização do layout do canteiro de obras, porque uma atividade é imediata e concomitantemente influenciada pela outra. Se, por um lado, o SMAM influencia no plano do layout do canteiro, estabelecendo requisitos de armazenamento para cada material e os tipos e quantidades de maquinários para a realização dos transportes verticais e horizontais, por outro lado, o layout do canteiro de obra também estabelece as limitações para o SMAM, pois constitui um dos principais determinantes da eficiência da movimentação e armazenagens, podendo facilitar ou dificultar esses processos.

Ainda segundo Saurin (1997), mesmo sendo clara a elevada importância de realizar-se um bom planejamento do SMAM, muitos canteiros de obras ainda apresentam um sistema de armazenamento e transporte de materiais ineficiente. Isto acontece por diferentes motivos, dentre os quais, de acordo com Tommelein (1995 apud SAURIN, 1997), ressaltam-se:

- a) A incerteza, durante o planejamento, acerca de quando os materiais serão comprados, entregues e usados, em que quantidades, com qual tipo de embalagem e quais meios de transporte;
- b) A carência de uma metodologia formal para planejar o layout e os fluxos de materiais no canteiro;
- c) A necessidade de coordenação e controle em tempo real das operações, pois os materiais são entregues, remanuseados e usados por muitas pessoas diferentes durante o processo de construção;
- d) A carência de um sistema de controle e monitoramento instantâneo e sistemático.

Segundo Farah (1992), é possível identificar, ao longo das inúmeras etapas do processo de produção dentro de um canteiro de obras, três tipos distintos de atividades: a construção propriamente dita, a adequação e preparação dos insumos e, por último, as atividades de suporte ou apoio às atividades produtivas. Para Santos (1995), o transporte se adequa nessa classificação de suporte, sendo uma das atividades que mais consome planejamento, energia, tempo e mão-de-obra e, caso feita de maneira ineficiente, pode gerar inúmeras perdas, tanto de tempo produtivo, como de materiais e insumos, desta forma, é prioritário para programas de melhoria. É considerada como uma atividade que não incorpora valor, mas onerosa. De acordo com Soibelman (1993), esta importância é realçada levando-se em consideração que os materiais que passam pelo sistema significam de 60% a 70% do custo final de uma obra.

Para Saurin (1997), os assuntos referentes ao transporte de materiais merecem uma atenção especial dentro do planejamento do layout do canteiro de obras e do SMAM, tendo em vista que as operações de transporte necessitam de um elevado consumo de mão de obra, além de gerar possíveis perdas de materiais ocasionadas por um sistema ineficiente e também porque, na maioria dos casos, são necessárias máquinas especializadas para a realização desses serviços. Segundo Santos (1995), os custos de transporte podem ser divididos em duas partes: o transporte dos materiais até o canteiro de obras, que pode ser feito diretamente pelo fornecedor ou fabricante a partir do depósito da própria empresa, ou o segundo caso, que é o transporte do ponto de armazenamento dentro do canteiro de obras até o local de utilização do material.

Uma das partes mais importantes para um SMAM eficiente e produtivo é o dimensionamento adequado do sistema de transporte vertical e horizontal de materiais no canteiro de obras, e segundo Lichtenstein (1987a), este dimensionamento depende não apenas da determinação de quais materiais serão transportados, mas também quais os maquinários utilizados para a realização de acordo com as condições do canteiro de obras. Esta etapa consiste em avaliar o número de deslocamentos do material ou componente a ser movimentado, o volume, a carga total dos insumos que serão transportados as condições de armazenamento e acesso a esses materiais, além de ser necessário observar a etapa da obra em que acontece a movimentação. Ainda segundo esse autor, ao analisar obras com sistema construtivo convencional, ou seja, uma estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação, o referido autor concluiu que concreto, aço, tijolos e argamassa correspondem a cerca de 85% da carga dos materiais movimentados e, portanto, são os condicionantes do sistema para este tipo de obra. Estas condições construtivas podem ser consideradas para a obra utilizada como base no presente

estudo, pois o método de execução das lajes protendidas é muito semelhante, na maioria das etapas, com uma laje de concreto armado, e as vedações externas e parte das internas serão realizadas com alvenaria de blocos cerâmicos de 6 ou 9 furos, dependendo do local e das especificações do projeto arquitetônico.

De acordo com Liechtenstein e Gonçalves (1987a), a definição do maquinário e dos sistemas possíveis de serem utilizados neste transporte é outra etapa fundamental do dimensionamento do sistema. Para esta tarefa, os tipos de transportes são divididos através da decomposição do vetor-deslocamento em vertical e horizontal. Então, em um sistema de transporte decomposto, o deslocamento horizontal e vertical do material ocorre de maneira separada. Por exemplo, no transporte de argamassa ensacada com uma paleteira dentro do mesmo pavimento, o funcionário realiza apenas o transporte horizontal empurrando a paleteira pela extensão do pavimento, enquanto que, para transportar as argamassas ensacadas do nível térreo até o nível do pavimento que as mesmas serão utilizadas, será feito com um elevador cremalheira, que realiza apenas o transporte vertical. Por outro lado, o sistema não decomposto de transporte é feito por equipamentos que permitem o deslocamento tridimensional das cargas, como uma grua ou uma retroescavadeira. O Quadro 2 apresenta os sistemas de transporte viáveis em obras de edifícios multipavimentos.

Quadro 2 – Sistemas e equipamentos de transporte viáveis em obras de edifícios multipavimentos

Sistema com decomposição de movimento	Movimento horizontal	- Girica - Paleteira
	Movimento vertical	- Elevador cremalheira - Dutos para entulho
Sistema sem decomposição de movimento	-	- Grua - Grua ascensional -Bombas de concreto

Fonte: Elaborado pelo próprio autor adaptado de Liechtenstein (1987)

A obra utilizada como referência para o desenvolvimento do presente estudo pode ser dividida em duas etapas de transporte de materiais. No primeiro momento, o maior volume de transporte será para a realização da estrutura da edificação, portanto terá aço para as armaduras de pilares, vigas e lajes, cordoalhas de aço engraxadas para a execução das lajes protendidas, formas metálicas e material de escoramento das lajes, madeira para a execução das formas das vigas e pilares, concreto para a concretagem dos elementos estruturais, material hidráulico e elétrico para os trechos que ficarão embutidos na estrutura do edifício.

No segundo momento, o maior volume de transporte de materiais será para a execução da vedação e acabamentos internos da obra, então teremos o transporte de blocos cerâmicos para as vedações internas e externas, argamassa para assentamento de blocos e revestimento interno, placas de gesso acartonado para vedação interna, latas de tinta para pintura, caixas de cerâmica e porcelanato para revestimento interno, sacos de massa corrida, louças e metais e materiais para acabamento elétrico e hidráulico e chapas de vidro para a execução das esquadrias da fachada. Por tanto, para que a obra apresente bons índices de produção e consiga cumprir os prazos estabelecidos no planejamento, é fundamental que o sistema de transporte escolhido seja eficiente e coerente com a realidade da obra.

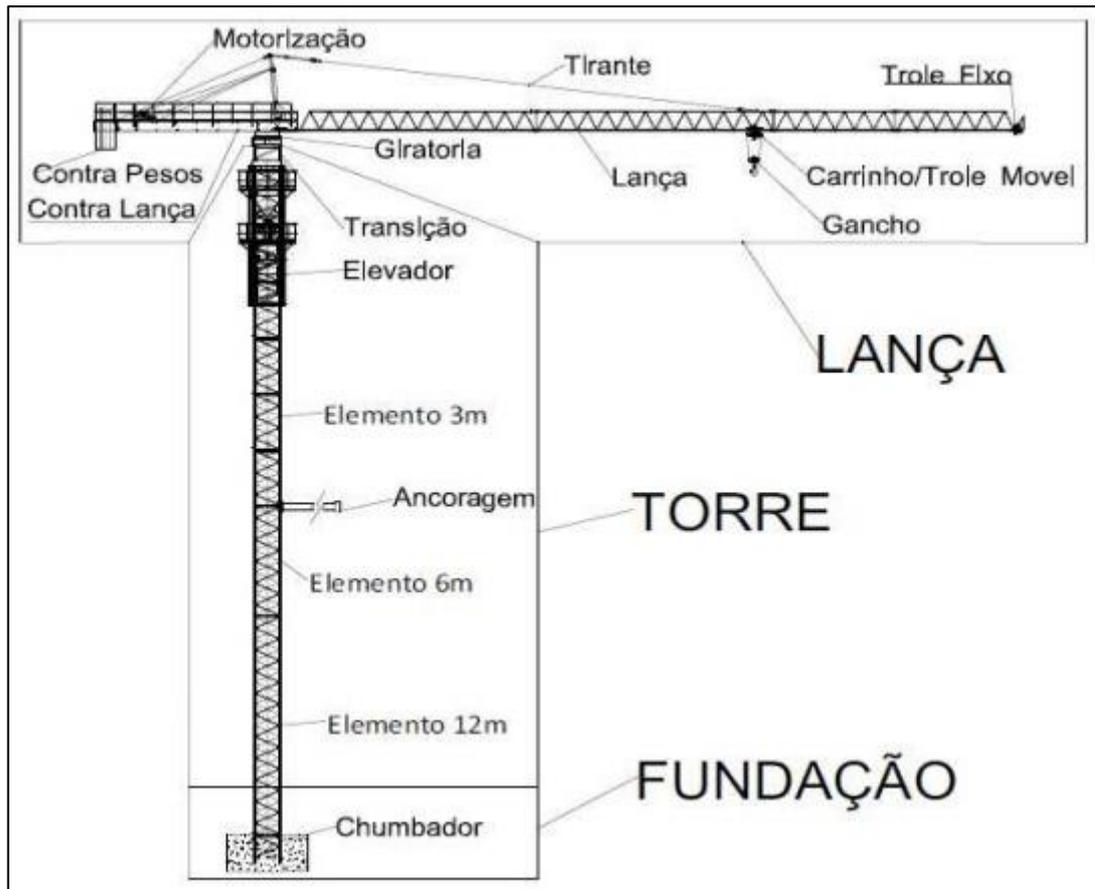
### 3.1 GRUA ESTACIONÁRIA

Segundo Gabriel (2018), as guias de maneira geral, são um equipamento versátil muito utilizado no transporte e elevação de cargas nas mais variadas situações, principalmente na indústria da construção civil, mais especificamente em canteiros de obras, sendo utilizada também em algumas indústrias de elementos pesados, terminais portuários e terminais aeroportuários. Segundo Scigliano (2015), para evolução técnica das construções com obras racionalizadas e industrializadas, a utilização de guias para a realização de um transporte eficiente e prático pode ser considerado um marco muito relevante. Dentro do mercado da construção civil, as guias são utilizadas em obras de pequeno, médio e grande porte, garantindo baixos impactos, eficiência e segurança na obra.

As guias, ou guindastes de torre, são caracterizadas por uma lança horizontal, que pode ser inclinada ou articulada, suportada por uma torre metálica, que pode ser fixa ou giratória. Atualmente, no mercado da construção civil nacional existe uma grande variedade de modelos diferentes de guias, sendo os dois mais comuns a guia estacionária e a guia ascensional. Ambos os modelos citados são compostos basicamente por uma torre, lança, contra lança e um sistema de cabos e motores (LICHTENSTEIN, 1987).

A Figura 15 mostra uma representação gráfica das partes de uma guia estacionária de torre fixa.

Figura 15 – Representação gráfica das partes de uma grua estacionária de torre fixa



Fonte: Adaptado de Gehbauer (2002)

Segundo Peurifoy et al. (2015), tendo como comparação os guindastes móveis, as guias estacionárias apresentam uma menor capacidade de elevação e menos mobilidade, porém, são mais vantajosas em altura de içamento, oferecem um bom raio de trabalho, além de ocupar uma área do terreno bastante limitada.

De acordo com Lichtenstein (1987), a grua permite realizar uma movimentação de carga de três tipos diferentes, as quais podem ocorrer simultaneamente: o içamento vertical da carga, a rotação da lança da grua em torno do eixo da torre e a translação da carga ao longo da lança. A velocidade que a grua realiza cada um desses movimentos está diretamente relacionada com o modelo e a capacidade do equipamento, além das condições de preservação e o tempo de utilização da própria grua. Naturalmente, uma grua mais nova e com menos tempo de uso apresenta menos problemas de manutenção.

Segundo Nakamura (2010), as guias de torres fixas, as quais apresentam uma maior capacidade de carga e, conseqüentemente, um custo maior do que das guias ascensionais, são caracterizadas por ter uma base de aço chumbada dentro de um bloco de concreto, sendo a fundação da guia. Este tipo de guia fica localizado no lado externo da edificação e devem ser estaiadas ou presas ao corpo do edifício. As guias de torre fixa podem ter lança móvel ou fixa. Na primeira situação, a possibilidade de movimentar a lança garante maior versatilidade para a realização de movimentos verticais. Dependendo do tamanho da lança, o risco de interferir nos imóveis vizinhos é maior, especialmente para canteiros de obras localizados em áreas urbanas. Além disso, a carga horizontal provocada pelo estaiamento ou fixação da torre no prédio deve ser considerada pelo projetista estrutural da edificação.

No que diz respeito às operações de montagem e desmontagem, para Peurifoy *et al.* (2015), as guias de torre fixa normalmente são montadas sobre uma fundação, um bloco de concreto, projetada de acordo com as especificações determinadas pelo fabricante do equipamento, ou presas em cantoneiras de fixação inseridas à base (chamadas de chumbadores), ou sobre seu chassi com lastro. A montagem das guias é uma operação complexa e demorada, pois depende do auxílio de um guindaste móvel, sendo que alguns modelos contam com um mecanismo para telescopar, permitindo o aumento de sua altura de forma independente. Para os modelos que contam com este mecanismo, é possível utilizar guindastes móveis menores para a montagem, já que não é necessário que a guia seja montada com sua altura máxima em um primeiro momento, o que simplifica e otimiza o processo de montagem, por ser realizado com máquinas menores. A Figura 16 mostra a montagem de uma guia com auxílio de um guindaste móvel.

Figura 16 – Montagem de grua estacionária de torre fixa com auxílio de guindaste móvel



Fonte: Santa Rita Locações (2021)

Por tanto, deve ser levado em consideração que tanto a montagem quanto a desmontagem, demandam um espaço físico disponível no canteiro de obras para a colocação da lança e das partes da torre, além do espaço necessário para a operação de um guindaste. Principalmente no caso da desmontagem, isso pode ser um problema pois normalmente os canteiros de obra apresentam menos espaço disponível, pois a obra está cada vez mais próxima de sua conclusão.

Ainda de acordo com Peurifoy et al. (2015), a grua estacionária de torre fixa apresenta um limite vertical que as cargas alcançam que é conhecido por altura livre máxima, ela determina qual é o máximo de altura possível para a elevação de uma carga partindo do nível da base da grua com segurança. Quando a obra precisa elevar a carga a uma altura superior à altura limite, é necessário fornecer um escoramento lateral, que normalmente é feito com suportes de aço dimensionados segundo especificação do fabricante, este conjunto é chamado de estrutura de ancoragem e ele serve para contra ventar a torre metálica. É importante salientar que apesar das ancoragens, também existe um limite de altura contra ventada máxima para a torre.

Tanto a grua de torre fixa quanto a grua ascensional dispõem de acessórios auxiliares para facilitar o transporte de diferentes tipos de cargas, como por exemplo o garfo paleteiro que é utilizado para a movimentação de qualquer tipo de material que seja organizado em paletes, outro acessório auxiliar é a caçamba de entulho móvel, a qual é utilizada para a limpeza das lajes e pavimentos. Além desses acessórios, também temos o balde de grua, que é muito

utilizado para movimentação de concretos, grautes e argamassas estabilizadas. As Figuras 17, 18 e 19 mostram exemplos desses acessórios.

Figura 17 – Exemplo garfo paleteiro para guias



Fonte: Grupo Construmaq (2021)

Figura 18 – Exemplo de caçamba de entulhos para guias



Fonte: Grupo Construmaq (2021)

Figura 19 – Exemplo de balde de guas



Fonte: Grupo Construmaq (2021)

### 3.2 GRUA ASCENSIONAL

De acordo com Gabriel (2018), diferentemente de guas fixas, a grua ascensional não ocupa espaço em torno da edificação, sendo instalado dentro do perímetro da estrutura da própria edificação, normalmente em poços de elevadores ou em aberturas já existentes nas lajes. Caso não seja viável instalar a grua ascensional no poço do elevador ou em algum outro vão já existente na laje, é necessário criar um vão nas lajes da edificação para a instalação da grua ascensional. Este tipo de grua acompanha o avanço da execução da obra, ou seja, conforme a estrutura da edificação for avançando nos pavimentos, a grua ascensional também vai avançando. Segundo Lichtenstein (1987), a grua ascensional, também conhecida como “mini grua”, tem a capacidade de realizar os mesmos movimentos básicos que a grua de torre fixa, porém ela apresenta a possibilidade de ascensão do conjunto no interior do edifício, apoiando-se na própria estrutura da edificação. A Figura 20 mostra a representação gráfica de uma grua ascensional e a Figura 21 mostra uma foto de uma grua ascensional em um canteiro de obras.

Figura 20 – Representação gráfica de uma grua ascensional



Fonte: Tecnipar (2021)

Figura 21 – Foto de uma grua ascensional em canteiro de obras.



Fonte: Passini Equipamentos (2021)

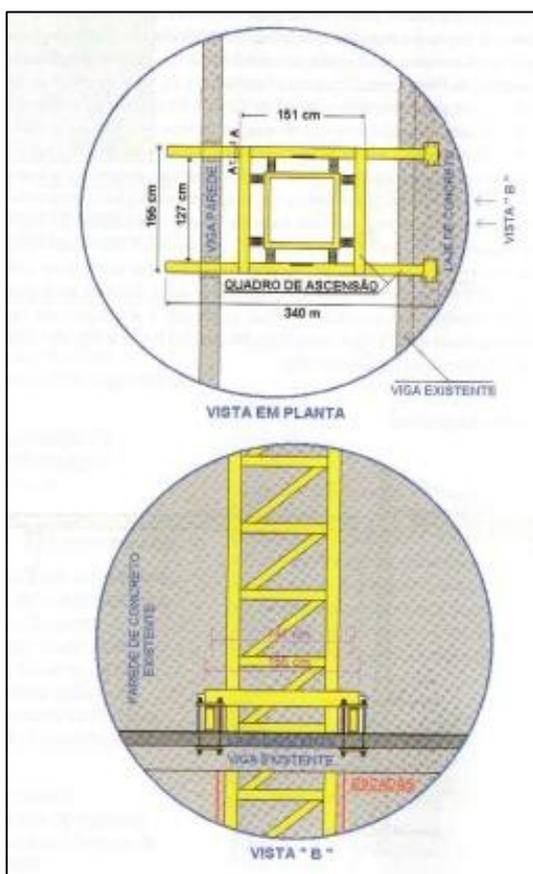
Ainda segundo Gabriel (2018), as gruas ascensionais são um maquinário de operação mais simples que a grua de torre fixa, por se tratar de um maquinário menor e um pouco menos complexo, dentro dos limites do canteiro de obra, devendo ser instalado e operado evitando passar por cima de terrenos vizinhos e ruas movimentadas. Este tipo de equipamento pode ser operado de fora da torre da própria grua, via rádio, sinal de infravermelho ou ligado por um cabo ou na própria cabine no topo da torre onde fica o funcionário controlador. A capacidade de carga varia de acordo com o tipo de equipamento que dispõe o fornecedor e a necessidade de raio de alcance da lança na obra, quanto maior a lança, maior raio de alcance do equipamento, porém menor a capacidade de carga na ponta.

De acordo com entrevista feita com o engenheiro de segurança responsável pela obra analisada neste trabalho, este tipo de grua deve estar sempre travada nas lajes inferiores, sendo amarrado dois ou três pavimentos abaixo do pavimento que ela estará operando, de acordo com as especificações do próprio fabricante ou empresa fornecedora do equipamento. Por ser do tipo ascensional após a execução das lajes superiores, deve ser feita a ascensão da grua por uma equipe treinada e especializada. Esta equipe é da própria locadora do equipamento. Segundo Peurifoy et al. (2015), para realizar a elevação das gruas ascensionais, são utilizados colares ascendentes especiais adaptados aos pavimentos inferiores que já estão com a estrutura finalizada, sendo que o peso do guindaste e da carga içada são transmitidos à estrutura do

edifício. Pelo fato de subir conforme a estrutura vertical avança, a grua tem um mastro relativamente curto, porém mastros maiores exigem menos procedimentos de ascensão ao longo da obra. Os procedimentos de ascensão podem causar interrupções em outros processos construtivos, como por exemplo a própria estrutura da edificação.

Segundo Gabriel (2018), o local de instalação da grua ascensional deve ser preparado com elementos estruturais que tenham a capacidade de carga correspondente ao necessário exigido pela grua indicado pelo fornecedor. A grua ascensional é suportada por dois conjuntos de amarras em duas lajes subsequentes. A fixação deste conjunto de amarras é feita por vigas perfil “I” e travadas por meio de barras roscadas que atravessam cada laje. A Figura 22 mostra o detalhe da fixação de uma grua ascensional.

Figura 22 – Detalhe de fixação de uma grua ascensional



Fonte: Scigliano (2015)

Ainda segundo Gabriel (2018), tendo em comparação a grua de torre fixa, a montagem da grua ascensional é rápida, sendo que é uma operação que normalmente dura menos de um dia. A grua é montada com o auxílio de um guindaste e uma equipe especializada. Já a desmontagem, mesmo ainda sendo rápida, demanda um pouco mais de tempo e tem um nível maior de complexidade, pois a grua ascensional estará localizada no topo da edificação. A desmontagem também pode demandar de guindaste ou, até mesmo, dependendo da altura do edifício, demandar de equipamentos auxiliares montados no topo do edifício.

Novamente de acordo com Peurifoy et al. (2015), uma das principais dificuldades da utilização de guindastes de torre ascensional é o seu processo de desmontagem. Ao final da construção o guindaste de torre fica montado no topo da estrutura e não tem capacidade de baixar a si mesmo, o que acontece na sua ascensão ao longo da construção da estrutura, sendo necessária a utilização de um método externo para a remoção. Para resolver este problema, normalmente duas soluções costumam ser empregadas, e uma delas envolve a utilização de um guindaste móvel, porém muitas vezes a altura final da edificação pode inviabilizar esta solução. A outra solução possível é a utilização de um guindaste do tipo “*derrick*” que é içado pelo próprio guindaste de torre até o topo do edifício, onde a operação de desmontagem será realizada. Neste caso, após a utilização do guindaste tipo “*derrick*”, as peças são desmontadas manualmente e descem através do elevador do edifício. As alturas envolvidas e as possíveis interferências da estrutura completa exigem que a operação de desmontagem da grua ascensional seja planejada com alto nível de detalhamento em cada etapa desde o momento da seleção inicial dos equipamentos até a equipe que realizará essa operação. A Figura 23 mostra um guindaste do tipo *derrick* instalado no topo de uma edificação e a Figura 24 mostra um guindaste do tipo *derrick* desmontando uma grua ascensional no topo de uma edificação.

Figura 23 – Guindaste do tipo *derrick* instalado no topo de uma edificação



Fonte: Liebherr (2021)

Figura 24 – Guindaste do tipo *derrick* desmontando uma grua ascensional



Fonte: Liebherr (2021)

### 3.2.1 Requisitos normativos para projeto e operação de guas

A norma regulamentadora que determina as diretrizes para as operações de guas é a NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (ABNT, 1978c), especificamente no item 18.14.24. Além disso, as NR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão (ABNT, 2008) e a NR 5419 - Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas (ABNT, 2001) especificam como devem ser as instalações elétricas para o quadro alimentador da grua, além de detalhar os procedimentos para o aterramento correto, garantindo a segurança da mesma ao longo de sua operação.

De acordo com a NR 18 (1978c), para um bom funcionamento de equipamentos como guas de torre fixa e guas ascensionais, os seguintes requisitos devem ser atendidos:

- a) A ponta da lança e o cabo de aço de levantamento da carga devem ficar, no mínimo, a 3m (três metros) de qualquer obstáculo e ter afastamento da rede elétrica que atenda à

orientação da concessionária. Quando essa distância mínima não for satisfeita, a situação deverá ser analisada tecnicamente por um profissional habilitado;

- b) É proibida a utilização de guias para o transporte de pessoas;
- c) O posicionamento das ancoragens da guia deve seguir as especificações do fabricante, fornecedor ou empresa responsável pela montagem do equipamento, mantendo disponível no local as especificações atinentes aos esforços atuantes na estrutura da ancoragem e do edifício;
- d) Antes da entrega ou da liberação para o início de trabalho com utilização de guia, deve ser elaborado um Termo de Entrega Técnica prevendo a verificação operacional e de segurança, bem como o teste de carga, respeitando-se os parâmetros indicados pelo fabricante;
- e) É proibido qualquer trabalho sob intempéries ou outras condições desfavoráveis que exponham os trabalhadores a risco. A guia deve dispor de dispositivo automático com alarme sonoro que indique a ocorrência de ventos superiores a 42 km/h. Somente poderá ocorrer trabalho sob condições de ventos com velocidade acima de 42 km/h mediante operação assistida. E sob nenhuma condição é permitida a operação com guias quando da ocorrência de ventos com velocidade superior a 72 km/h;
- f) É proibida a utilização da guia para arrastar peças, içar cargas inclinadas ou em diagonal ou potencialmente ancoradas, como desforma de elementos pré-moldados. Neste caso, o içamento por guia só deve ser iniciado quando as partes estiverem totalmente desprendidas de qualquer ponto da estrutura ou do solo;
- g) Para operações de telescopagem, montagem e desmontagem de guias ascensionais, o sistema hidráulico deverá ser operado fora da torre;
- h) É proibida a utilização de travas de segurança para bloqueio de movimentação da lança quando a guia não estiver em funcionamento;
- i) Toda empresa fornecedora, locadora ou de manutenção de guias deve ser registrada no CREA - Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, para prestar tais serviços técnicos;
- j) A implantação, instalação, manutenção e retirada de guias deve ser supervisionada por engenheiro legalmente habilitado com vínculo à respectiva empresa e, para tais serviços, deve ser emitida ART - Anotação de Responsabilidade Técnica;

k) A implantação e a operacionalização de equipamentos de guindar devem estar previstas em um documento denominado “Plano de Cargas”.

Ainda de acordo com a NR 18, no item 18.14.24.11 (ABNT, 1978), as guias devem necessariamente dispor dos seguintes itens de segurança:

- a) Limitador de momento máximo;
- b) Limitador de carga máxima para bloqueio do dispositivo de elevação;
- c) Limitador de fim de curso para o carro da lança nas duas extremidades;
- d) Limitador de altura que permita frenagem segura para o moitão;
- e) Alarme sonoro para ser acionado pelo operador em situações de risco e alerta, bem como de acionamento automático, quando o limitador de carga ou de momento estiver atuando;
- f) Placas indicativas de carga admissível ao longo da lança, conforme especificado pelo fabricante;
- g) Luz de obstáculo (lâmpada piloto);
- h) Trava de segurança no gancho do moitão;
- i) Cabos-guia para fixação do cabo de segurança para acesso à torre, lança e contra-lança;
- j) Limitador de giro, quando a grua não dispuser de coletor elétrico;
- k) Anemômetro;
- l) Dispositivo instalado nas polias que impeça o escape acidental do cabo de aço;
- m) Proteção contra a incidência de raios solares para a cabine do operador, conforme disposto no item 18.22.4 da NR 18;
- n) Limitador de curso para o movimento de translação de guias instaladas sobre trilhos;
- o) Guarda-corpo, corrimão e rodapé nas transposições de superfície;
- p) Escadas fixas, conforme disposto no item 18.12.5.10 da NR;
- q) Limitadores de curso para o movimento da lança – item obrigatório para guias de lança móvel ou retrátil

Tanto a grua de torre fixa e a grua ascensional exigem profissionais específicos para sua operação dentro do canteiro de obra. O profissional responsável pela movimentação das cargas é o operador da grua e obrigatoriamente deve realizar todas as operações da grua segundo as

normas NR 11 – Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais (ABNT, 1978a), NR 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos (ABNT, 1978b) e NR 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção (ABNT, 1978c), além disso o operador ser treinado para trabalhos em altura segundo a NR 35 – Trabalho em altura (ABNT 2012). O operador da grua deve realizar um treinamento com carga horária mínima definida pelo fabricante da máquina, locadora ou pessoa responsável pela obra onde será operada. Durante os trabalhos, o operador da grua necessita atender às normas de segurança da obra e do equipamento, e executar inspeções semanais do equipamento. Além de operá-lo, este profissional também será capacitado para fazer uma “Lista de Verificação de Conformidades” (*check list*) diário e semanal, conforme especificação do responsável técnico pelo equipamento. A Figura 25 mostra um exemplo de *check list* de grua de torre fixa.

Figura 25 – Exemplo de *check list* diário para grua de torre fixa

Constru Service		Obra:	Check Diário																															
		Grua:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
INSPEÇÃO	Base	Condições																																
		Limites fim de curso																																
Mecanismo elevatório		Tambor de cabo e cabo de aço																																
		Fixação, alinhamentos ruídos dos motores elétricos, caixas redutoras e acoplamento																																
		Vazamento de óleo na redutora e acoplamento																																
		Freios																																
Translação da lança		Limites fim de curso																																
		Tambor de cabo e cabo de aço																																
		Fixação, alinhamentos ruídos dos motores elétricos, caixas redutoras e acoplamentos																																
		Vazamento de óleo na redutora e acoplamento																																
		Freios																																
Mecanismo de giro		Carrinho de Translação																																
		Limites fim de curso																																
		Fixação, alinhamentos ruídos dos motores elétricos, caixas redutoras e acoplamentos hidráulicos																																
Contra-Lança		Vazamento de óleo na redutora e acoplamento																																
		Corsa de giro																																
Freios		Freios																																
		Estado e fixação dos contra-pesos																																
Coluna		Quadro elétrico																																
		pinos / parafusos / tirantes/tricas																																
Ponta da torre		Pinos / Parafusos																																
		Positivos tricas																																
Cabine		Limites de sobre-carga e momento																																
		Tirantes																																
		pinos / parafusos / tirantes/tricas																																
	Limpeza e fixação																																	
	Comandos																																	
	Limpeza e fixação																																	

Fonte: Constru Service (2021)

Além deste funcionário, também existe outro profissional treinado para auxiliar o operador da grua nas movimentações de carga, que é o sinaleiro. Ele também recebe um treinamento mínimo, podendo ser aplicado pelo próprio engenheiro ou técnico de segurança responsável

pela obra. O sinaleiro, que também pode ser chamado de “amarrador de carga”, deve estar qualificado a operar máquinas conforme as normas de segurança e a executar as inspeções, conforme especificação do responsável técnico pelo equipamento. O profissional é responsável por amarrar as cargas que serão içadas, escolher os materiais corretos de amarração de acordo com as características de cada tipo de carga, orientar via rádio o operador da grua quanto aos movimentos a serem realizados, sinalizar trajetos, observar as determinações do plano e auxiliar o operador na descarga dos materiais.

Os procedimentos de sinalização são definidos pela NR 11.436 – Sinalização manual para movimentação de cargas por meio de equipamento mecânico de elevação (ABNT, 1988). Tanto as mensagens por rádio quanto os sinais manuais costumam ser combinados entre profissionais que estão no canteiro, com base nos costumes da região.

No que tange as normas regulamentadoras para a utilização de guias ascensionais, as diretrizes aplicadas para as guias de torre fixas, que foram vistas no item 4.2 deste trabalho, na sua grande maioria também são aplicadas para as guias ascensionais. Porém é válido ressaltar os dois itens que valem especificamente para guias ascensionais, segundo a (NR 18 - 18.14.24.11 (ABNT, 2005):

- a) Para operações de telescopagem, montagem e desmontagem de guias ascensionais, o sistema hidráulico deverá ser operado fora da torre;
- b) As guias ascensionais só poderão ser utilizadas quando suas escadas de sustentação dispuserem de sistema de fixação ou quadro-guia que garantam seu paralelismo.

### 3.3 ELEVADOR CREMALHEIRA

Segundo Branco (2013), o elevador de obra é considerado como uma das opções de instalação mais adequadas para a mecanização dos transportes verticais dentro mercado da construção civil brasileiro. Dentre os diferentes tipos de elevadores de obra, os mais apropriados e mais frequentemente utilizados são os guiados por cremalheira. Isso ocorre pelo fato de os elevadores cremalheiras serem mais práticos de operar e, ao mesmo tempo, possuem um sistema de operação mais seguro, podendo eles serem fixados diretamente na estrutura da construção, possuindo uma capacidade de carga superior a 400Kg.

Levando em consideração os casos das obras que o transporte vertical de materiais é feito utilizando uma grua como o principal equipamento, os elevadores cremalheiras podem ter um papel fundamental no sistema de transporte da obra, pois eles podem minimizar o tempo improdutivo gasto no deslocamento de pessoas, e servir como uma opção alternativa para os dias que a grua esteja com uma demanda elevada.

Segundo Sousa (2010), um elevador de cremalheira consiste em uma cabine onde está instalado um motor elétrico e um sistema de redução, que fazem um pinhão girar sobre uma cremalheira presente ao longo do comprimento da torre. É importante salientar que, assim como as gruas, o elevador cremalheira só pode ser operado por um profissional que tenha recebido o treinamento adequado, que controlará o elevador de dentro da cabine, manipulando as ações do elevador, seja para subida, descida, nivelamento de andar ou até mesmo, em caso de emergência, a paralisação total do equipamento. O quadro de comando, que também está na cabine, interpreta as decisões do operador, através de uma célula (Mini CLP), e envia os sinais para funcionamento dos mecanismos do sistema de tracionamento e de freios. Atualmente, há equipamentos para cargas de até quatro toneladas e há também a possibilidade de utilização de duas cabines por torre. A Figura 26 mostra um elevador cremalheira e a Figura 27 mostra um elevador cremalheira instalado em um canteiro de obras.

Figura 26 – Elevador cremalheira



Fonte: Tecnipar Elevadores (2021)

Figura 27 – Elevador cremalheira instalado em canteiro de obras



Fonte: Passini Equipamentos (2021)

De acordo com entrevistas realizadas com o engenheiro de segurança da obra e diversas empresas fornecedoras deste equipamento, no processo de montagem dos elevadores de cremalheira geralmente é utilizado outro equipamento de transporte vertical, normalmente a própria grua da obra ou um guincho. Caso não tenha esse equipamento na obra, e o espaço físico do canteiro impossibilite a utilização de um guincho ou guindaste, o equipamento pode ser montado à mão, porém demandando uma quantidade muito maior de tempo e mão de obra. O processo é muito simples e consiste no encaixe de novos elementos na estrutura, que são travados uns aos outros através de parafusos, sendo que cada elemento tem 1,5 metro, pesando aproximadamente 147 quilos. Na montagem manual eles são encaixados de um em um e, quando auxiliado por grua ou guindastes, podem ser feitos mais de um elemento por vez. Os elevadores de cremalheira são travados e ancorados à estrutura em andares alternados. A Figura 28 mostra um módulo de torre de cremalheira sendo transportado com auxílio de uma grua, enquanto a Figura 29 mostra funcionários fixando um novo elemento na estrutura do elevador cremalheira.

Figura 28 – Processo de montagem de elevador cremalheira



Fonte: Sousa (2016)

Figura 29 - Montagem manual de elemento do elevador cremalheira



Fonte: Sousa (2016)

No que diz respeito às normas regulamentadoras de segurança para elevadores cremalheiras, a NR 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção (ABNT, 1978) determina as diretrizes para tal, que consta:

- a) Os elevadores de cremalheira para transporte de pessoas e materiais deverão obedecer às especificações do fabricante para montagem, operação, manutenção e desmontagem, e estar sob responsabilidade de profissional legalmente habilitado;
- b) Os manuais de orientação do fabricante deverão estar à disposição no canteiro de obra;
- c) Dentre os requisitos para a entrega técnica, devem ser verificados e ou testados os seguintes itens, quando couber:
  - a. O equipamento deve estar de acordo com o contratado;
  - b. O equipamento deve estar identificado com placas de forma indelével no interior da cabina;
- d) Os elevadores de carga e passageiros devem dispor, no mínimo, dos seguintes itens de segurança:

- a. Intertravamento das proteções com o sistema elétrico, através de chaves de segurança com ruptura positiva, que impeça a movimentação da cabine quando:
  - I. A(s) porta(s) de acesso da cabine não estiver (em) devidamente fechada(s);
  - II. A rampa de acesso à cabine não estiver devidamente recolhida no elevador do tipo cremalheira; e
  - III. A porta da cancela de qualquer um dos pavimentos ou do recinto de proteção da base estiver aberta;
- b. Dispositivo eletromecânico de emergência que impeça a queda livre da cabine, monitorado por interface de segurança, de forma a freá-la quando ultrapassar a velocidade de descida nominal, interrompendo automática e simultaneamente a corrente elétrica da cabine;
- c. Chave de segurança monitorada através de interface de segurança, ou outro sistema com a mesma categoria de segurança, que impeça que a cabine ultrapasse a última parada superior ou inferior;
- d. Nos elevadores do tipo cremalheira, de dispositivo mecânico que impeça que a cabine se desprenda acidentalmente da torre do elevador.
- e) Os elevadores do tipo cremalheira devem ser dotados de amortecedores de impacto de velocidade nominal na base, caso o mesmo ultrapasse os limites de parada final;
- f) É proibido o uso de chave do tipo comutadora e/ou reversora para comando elétrico de subida, descida ou parada;
- g) Todos os componentes elétricos ou eletrônicos que fiquem expostos ao tempo devem ter proteção contra intempéries;
- h) Deve ser realizado teste dos freios de emergência dos elevadores na entrega para início de operação e, no máximo, a cada noventa dias, devendo o laudo referente a estes testes ser devidamente assinado pelo responsável técnico pela manutenção do equipamento e os parâmetros utilizados devem ser anexados ao Livro de Inspeção do Equipamento existente na obra;

## 4 PROPOSTAS

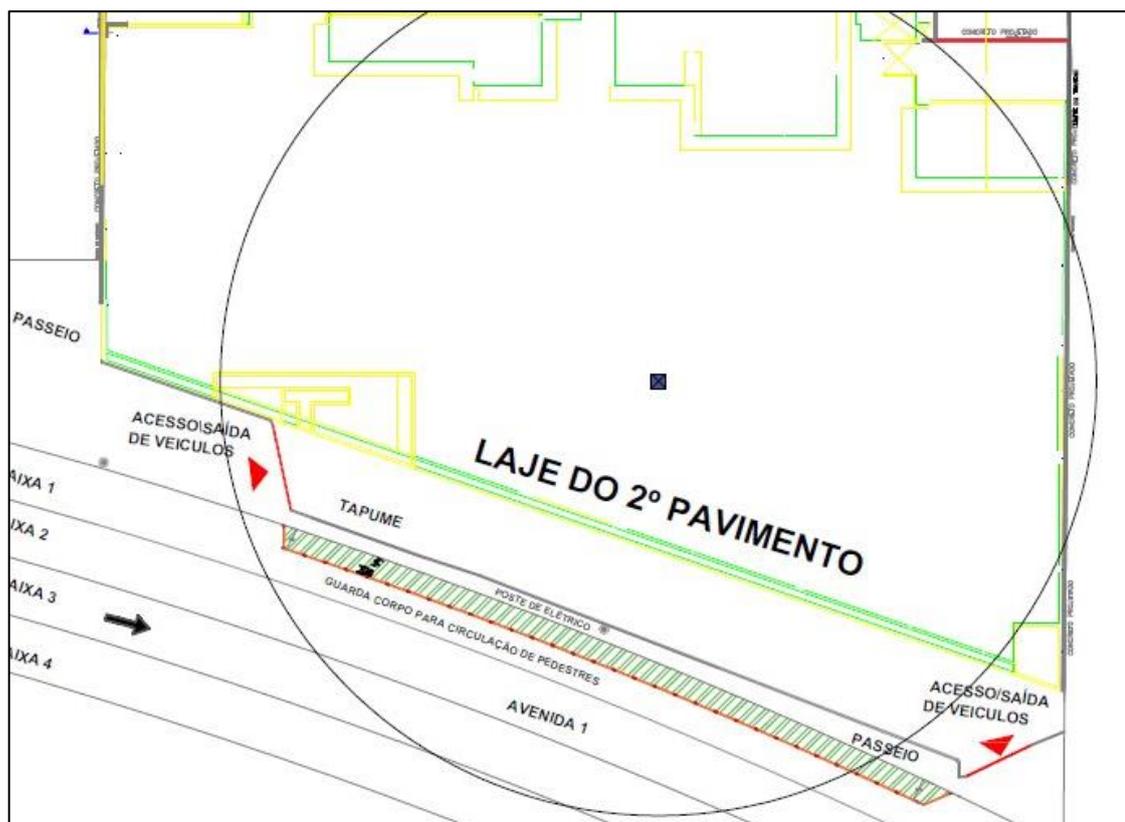
O presente trabalho se propõe a apresentar três diferentes alternativas para a realização do transporte vertical e horizontal de materiais e analisar cada proposta por diferentes critérios, ressaltando os benefícios e desvantagens de cada alternativa. Vale ressaltar que o trabalho não tem como objetivo apontar a melhor solução possível para o transporte de materiais da presente obra, mas sim analisar cada situação e tentar adequar com as necessidades da mesma.

Para a elaboração e análise de cada proposta, foram realizadas entrevistas com diferentes fornecedores de elevadores cremalheiras, guias estacionárias de torre fixa e guias ascensionais para conseguir uma referência de custos atual e coerente com o mercado da construção civil da cidade de Porto Alegre no ano de 2021. Além disso, também foram entrevistados o engenheiro e o técnico de segurança da obra em questão, além do mestre de obras, a arquiteta responsável pela obra e o próprio diretor da empresa responsável pela execução da obra, para entender a opinião de todas as partes envolvidas no canteiro de obra, que tem diferentes pontos de vistas, cada um com suas próprias preferências e objeções.

### 5.1 PROPOSTA 01

A primeira proposta consiste em realizar todos os transportes de materiais, tanto horizontal quanto vertical, com uma grua estacionária de torre fixa com lança horizontal da marca Grubrás modelo GBFT-46, com uma altura útil de 30 metros e um comprimento de lança de 30 metros também, sendo fixada em um bloco de concreto com chumbadores. Esta grua entraria na obra no início da estrutura do segundo pavimento e ficaria até o término da fase de acabamentos da obra. Ficaria localizada na parte frontal do canteiro, de maneira que só atravessasse a laje do segundo pavimento, pois, conforme já foi dito acima, é a maior de todas as lajes e ocupa praticamente toda o espaço da edificação. A Figura 30 indica a localização da grua no layout do canteiro de obras.

Figura 30 – Croqui com a posição da grua

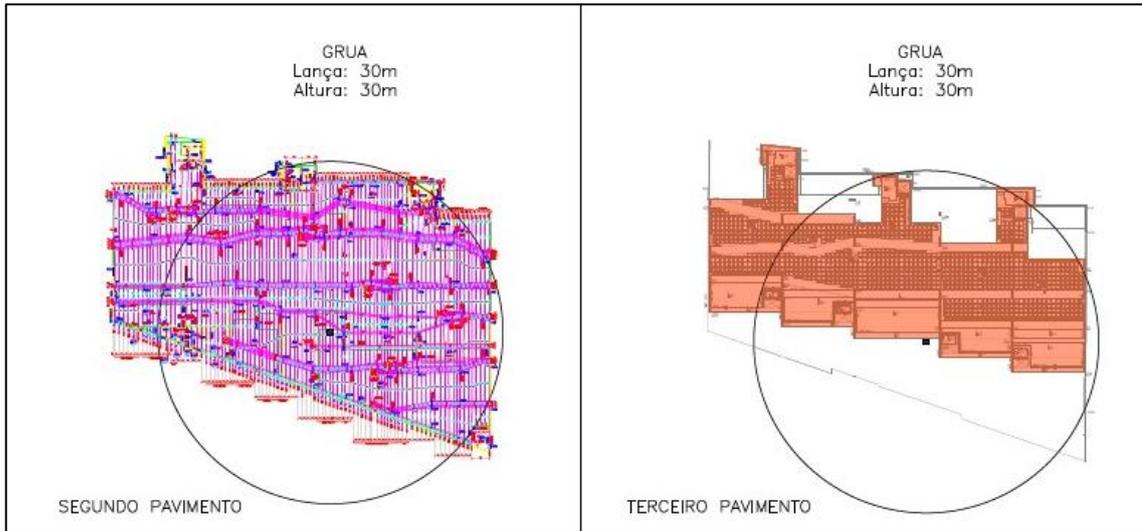


Fonte: Autor (2021)

Percebe-se que o raio de atuação da grua teria alcance a praticamente todo o terreno e é importante ressaltar que essa proposta resolveria um dos principais problemas apontados pela equipe responsável pela execução da obra, que é a dificuldade de receber materiais. Nesse cenário proposto, cria-se um corredor de passagem para veículos, tendo espaço para mais de um veículo simultaneamente, excluindo a necessidade de utilização da via pública, e a própria grua poderá realizar a carga e descarga dos materiais, diminuindo o tempo necessário para a atividade, além de diminuir também a mão de obra necessária.

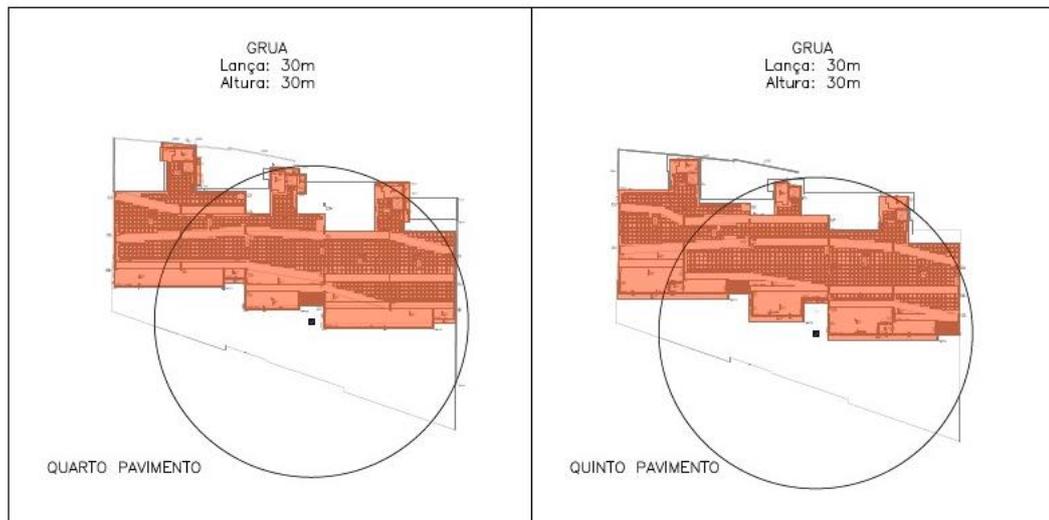
A respeito do abastecimento dos materiais para a realização da estrutura, nesta proposta a grua estacionária de torre fixa realizaria o abastecimento dos insumos necessários como, por exemplo o aço, madeira, formas do assoalho da laje, cordoalhas para as lajes protendidas, andaimes e escoras metálicas e qualquer outro insumo necessário para esta execução. As Figuras 31, 32 e 33 mostram o raio de alcance da grua em relação a cada uma das lajes da edificação.

Figura 31 – Raio de alcance da grua no segundo e terceiro pavimento



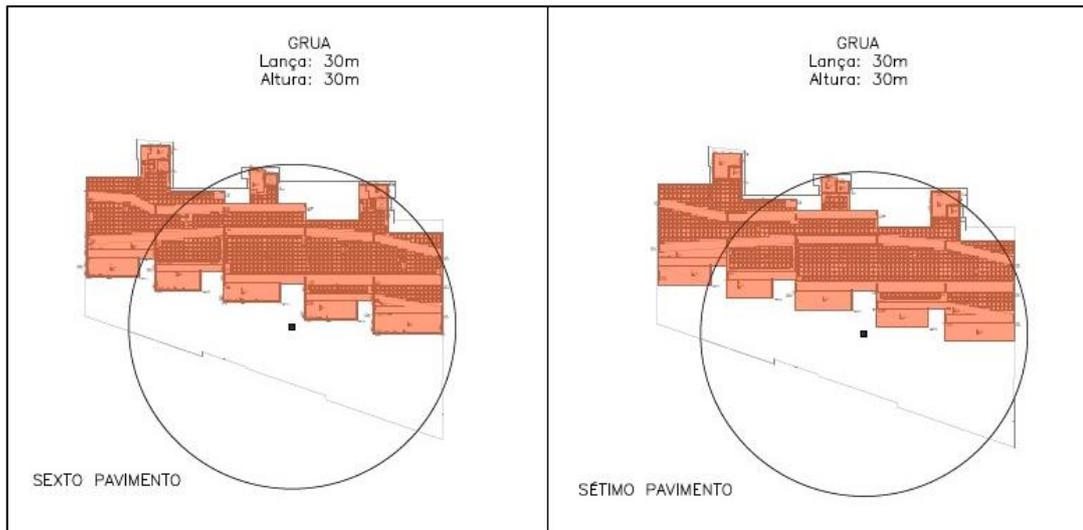
Fonte: Autor (2021)

Figura 32 – Raio de alcance da grua no quarto e quinto pavimento



Fonte: Autor (2021)

Figura 33 – Raio de alcance da grua no sexto e sétimo pavimento



Fonte: Autor (2021)

No que tange ao abastecimento dos materiais para vedações, revestimentos, alvenarias e acabamentos internos, a grua estacionária de torre fixa também seria a responsável pelo transporte desses materiais para cada pavimento. Este abastecimento, porém, apenas seria possível com uma plataforma de recebimento de materiais na sacada de cada apartamento, desta forma, a grua carregaria os materiais o mais próximo possível do local de armazenamento deles, sendo que a grande maioria estará armazenada nas lajes do térreo e subsolo, e descarregaria na sacada de cada apartamento. Caso a obra opte por esta opção, é necessário validar com o projetista estrutural se os elementos estruturais da fachada suportariam este excesso de carga. Além destas plataformas, também seriam necessários outros equipamentos para o abastecimento interno dos materiais, como, por exemplo, paleteiras, mini paleteiras e até mesmo um carrinho plataforma de quatro rodas para facilitar o transporte dos materiais das plataformas até cada cômodo interno dos apartamentos onde os insumos serão utilizados. A Figura 34 mostra um exemplo de plataforma de recebimento de materiais.

Figura 34 – Exemplo de plataforma de recebimento de materiais



Fonte: Grupo IW8 (2021)

#### 4.1.1 Custo

O custo financeiro para a proposta um (01) consiste no preço fixo de aluguel do equipamento da grua, além dos equipamentos para o transporte de diferentes tipos de insumos, como, por exemplo, um garfo para paletes, uma caçamba para retirada lixo e outra para transporte de argamassa. Também precisa ser levado em consideração o valor dos chumbadores que fazem a fixação da torre da grua em sua fundação. Soma-se a estes valores os custos referentes à montagem e desmontagem da grua, ao transporte de ida e volta das peças, a um projeto de montagem e desmontagem com ART inclusa, ao salário de um operador e de um sinalizador, e um valor mensal referente à manutenção preventiva da grua. Além destes custos descritos, que estarão contidos na tabela de cálculo, a obra também terá que arcar com as plataformas de recebimento de material e com os equipamentos menores para complementar o transporte horizontal, como paleteira e carrinho plataforma de quatro rodas.

De acordo com a entrevista feita com a arquiteta gestora da obra, a execução de toda estrutura da torre terá uma duração em torno de 8 meses e os serviços referentes aos acabamentos internos terão uma duração de 12 meses, portanto, esses intervalos de tempo foram utilizados como referência para o cálculo dos custos da proposta um (01). É importante salientar que o sinalizador é contratado por responsabilidade da obra, enquanto o operador da grua é indicado pela empresa junto com a grua.

A Tabela 1 mostra os valores referentes aos serviços e equipamentos descritos acima.

Tabela 1 – Custo da proposta 01

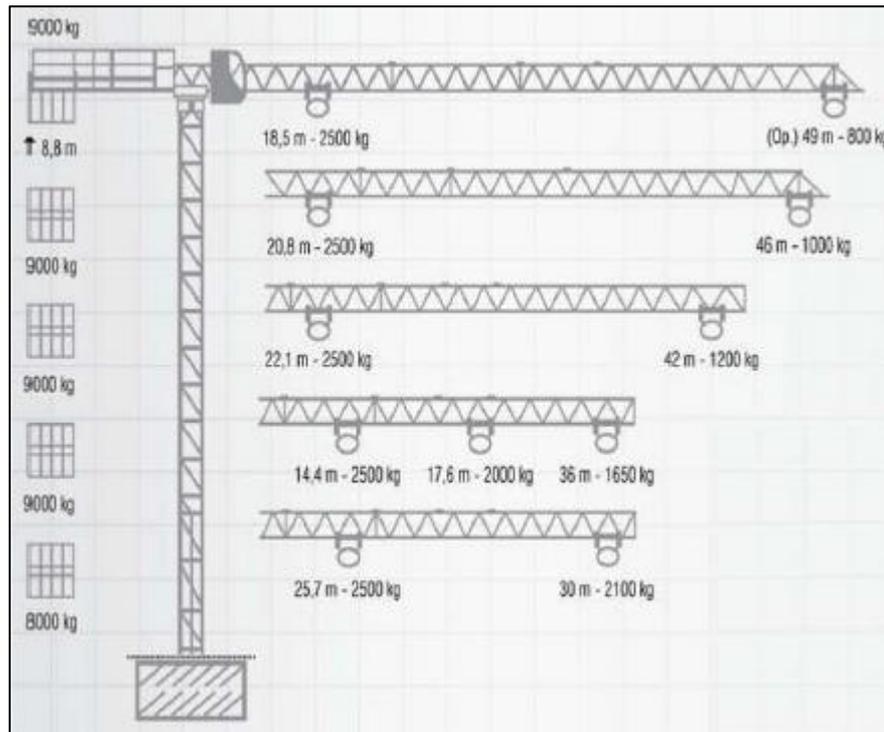
TABELA DE PREÇOS - OPÇÃO 01				
PERÍODO DE LOCAÇÃO				
ITEM	QTDE	UNIDADE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Locação mensal (44 horas semanais)	20	Meses	R\$ 15.000,00	R\$ 300.000,00
01 Carro para palete	20	Meses	R\$ 250,00	R\$ 5.000,00
01 Caçamba com capacidade de carga	20	Meses	R\$ 250,00	R\$ 5.000,00
Conjunto de chumbadores	1	Unidade	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
Montagem	1	Unidade	R\$ 16.000,00	R\$ 16.000,00
Desmontagem (podendo aumentar dependendo da dificuldade da operação)	1	Unidade	R\$ 16.000,00	R\$ 16.000,00
Transporte ida	1	Unidade	R\$ 5.800,00	R\$ 5.800,00
Transporte volta	1	Unidade	R\$ 5.800,00	R\$ 5.800,00
Projeto de montagem e Plano de Carga com ART inclusa	1	Unidade	R\$ 4.850,00	R\$ 4.850,00
Sinalizador/ Amarrador - por conta da obra	20	Meses	R\$ 2.500,00	R\$ 50.000,00
Operador da grua (8 horas/dia - 220h/mês)	20	Meses	R\$ 6.900,00	R\$ 138.000,00
Manutenção preventiva mensal	20	Meses	R\$ 1.800,00	R\$ 36.000,00
<b>Valor Total</b>				<b>R\$ 587.450,00</b>

Fonte: Autor (2021)

#### 4.1.2 Praticidade

A praticidade da proposta um (01) está diretamente relacionada com espectro de carregamento do equipamento, sendo que a grua tem uma capacidade de carga máxima na lança de 2.500 kg, enquanto, na ponta de lança, tem uma capacidade de carga de 2100 kg. Além disso, o raio de alcance da grua ocupa a maior parte da área das lajes de todos os pavimentos, o que é muito eficiente, tendo em vista que diminuiu o número de viagens necessárias e ainda pode pegar um material que acabou de chegar na obra e já o descarregar no local que será consumido. A Figura 35 mostra os intervalos de capacidade de carga da grua.

Figura 35 – Capacidade de carga da grua estacionária de torre fixa



Fonte: Sul Andaimes (2021).

Dentre os três diferentes tipos de máquinas que estão sendo analisadas no presente trabalho, a grua estacionária de torre fixa, a grua ascensional e o elevador cremalheira, a primeira é a que apresenta a maior capacidade de carga, conseqüentemente é o maquinário que apresenta a maior produtividade.

### 4.1.3 Segurança

Pela ótica da segurança do trabalho, esta proposta também não seria a mais vantajosa pois a grua, por ser um equipamento maior e com maior capacidade de carga, também apresenta mais restrições e cuidados no que tange a segurança de suas operações. Pode-se citar o fato de que a grua não deve trabalhar com ventos acima de 42 Km/h, ao menos que seja uma operação assistida e supervisionada, e partindo do princípio que a obra está localizada na beira do rio Guaíba, uma região que frequentemente tem ventos fortes, isto pode vir a ser um problema sério para a obra. Outro problema que não virá impossibilitar o uso da grua, mas exigirá do operador muita atenção e cuidado redobrado é o fato de existir um poste elétrico de alta

tensão na calçada próximo à frente da obra, por isso é necessária muita atenção do operador para evitar qualquer tipo de acidente.

#### **4.1.4 Análise**

A proposta um (01) tem como pontos positivos a alta produtividade da grua em seu favor, tendo em vista que é o equipamento com maior capacidade de carga e, portanto, cada operação de transporte de material tem um tempo de ciclo menor que o elevador cremalheira ou o conjunto de mais de uma grua ascensional. Por ter uma maior capacidade de carga, ela consegue transportar os insumos com um menor número de viagens. Esta opção com a grua estacionária de torre fixa também facilitaria a gestão e logística do canteiro, pois seu raio de alcance ocupa praticamente toda a edificação, sendo mais eficiente nas operações de transporte, organização e limpeza do canteiro.

Outro aspecto vantajoso desta proposta é o alto índice de terminalidade dos serviços, e isso vale tanto para a fase da estrutura quanto para a fase dos acabamentos internos. Na fase da estrutura, ao contrário da grua ascensional, que precisa ser travada na estrutura da própria torre, deixando um vão nas lajes de todos os pavimentos, a grua estacionária de torre fixa pode ser posicionada de maneira que atravesse apenas a laje do segundo pavimento, portanto o restante da estrutura não ficaria com um vão não concretado. Já na fase dos acabamentos, esta opção teria uma maior terminalidade, pois seria possível abastecer cada apartamento com a quantidade necessária para seus acabamentos, sem deixar nenhuma parede não executada para realização do transporte horizontal de materiais. Caso o transporte fosse feito por um elevador cremalheira, algumas paredes teriam que ser executadas após a execução de todo o pavimento, pois ela serviria como passagem de materiais.

Por outro lado, a proposta 01 também tem suas desvantagens, como por exemplo o fato de ser uma opção mais cara que as demais, já que o valor fixo por mês da grua é maior que o dos outros equipamentos. Esta opção, que consiste em realizar todo o abastecimento com uma grua estacionária, pode sobrecarregar a grua principalmente no momento em que tiver a estrutura avançando simultaneamente com as alvenarias e revestimentos internos, por tanto será necessário uma boa gestão e planejamento da grua, outro aspecto negativo de realizar todo o transporte da obra com apenas uma grua é que a obra toda fica muito dependente da grua e de

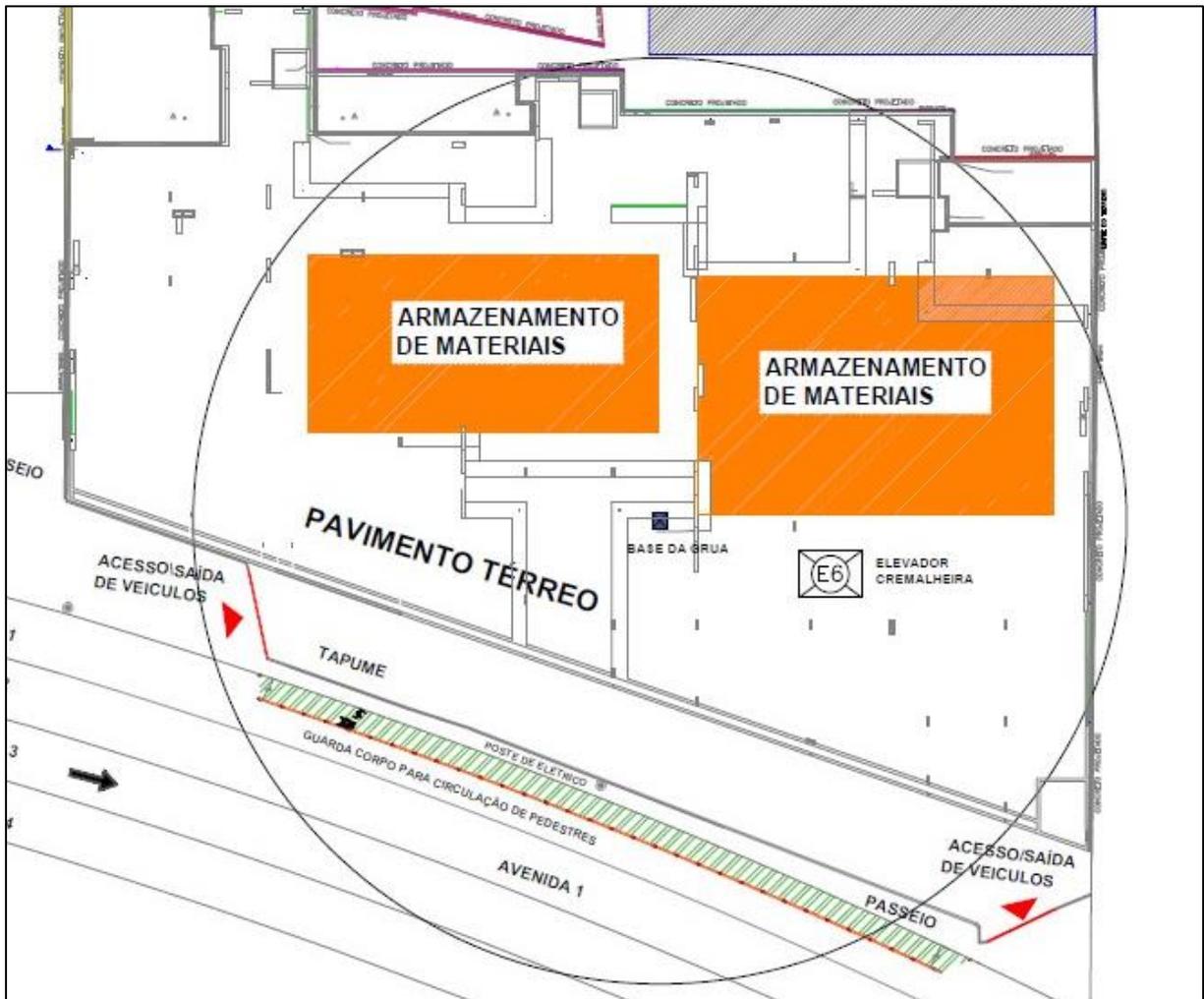
seu operador, ou seja, caso algum dia a grua apresente algum problema mecânico ou o operador não vá trabalhar, a obra toda ficaria com a produção parada.

Outro aspecto negativo desta proposta é o fato de a grua servir única e exclusivamente para o transporte de materiais, sendo extremamente proibido o transporte de pessoas, por tanto caso a obra escolha realizar todo o transporte com uma grua estacionária, tem-se um problema de transporte dos trabalhadores pelos pavimentos, tendo em vista que a obra possui sete pavimentos e os funcionários precisam subir e descer muitas vezes ao longo do dia, isso trará um cansaço extra para os trabalhadores. Além disso, por ser a proposta que apresenta a grua estacionário de torre fixa por mais tempo dentro do canteiro de obras, conseqüentemente será a proposta que demandará a maior atenção da equipe de segurança do trabalho da obra.

## 4.2 PROPOSTA 02

A localização da grua estacionária é no mesmo local da proposta um, próxima ao tapume frontal da obra, tendo acesso a todo o canteiro de obra, assim como uma boa porcentagem da área das lajes dos pavimentos superiores e próxima ao acesso de entrada e saída de veículos da obra, justamente para atuar no processo de carga e descarga dos materiais. Já para a localização do elevador cremalheira, outros critérios foram levados em consideração para a decisão do seu posicionamento. Segundo Formoso (2021), o elevador cremalheira deve ser localizado de maneira que tenha interferência mínima nos serviços da fachada, estando o mais próximo possível destas e longe das redes elétricas, para atender aos requisitos de segurança. Também é importante que esteja no centro geométrico do pavimento ou, pelos menos, próximo dele, para reduzir as distâncias de transporte dentro do próprio pavimento. E com relação ao layout do canteiro, que ele esteja próximo dos locais de armazenamento e que tenha acesso livre para facilitar seu abastecimento. Além disso, para o caso específico da obra em questão, seria importante que o elevador cremalheira não atravessasse as lajes dos pavimentos, pois isso implicaria em deixar um vão não concretado ainda maior do que a grua e, possivelmente, seria necessário um reforço estrutural no ponto de passagem do elevador. Levando tudo isso em consideração, a Figura 36 mostra o local ideal da localização da grua e do elevador cremalheira.

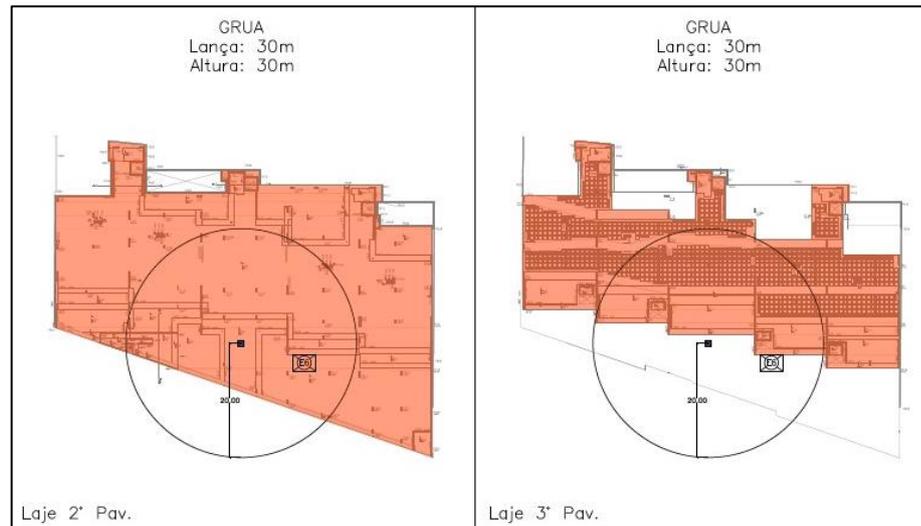
Figura 36 – Croqui com a posição da grua e do elevador cremalheira



Fonte: Autor.

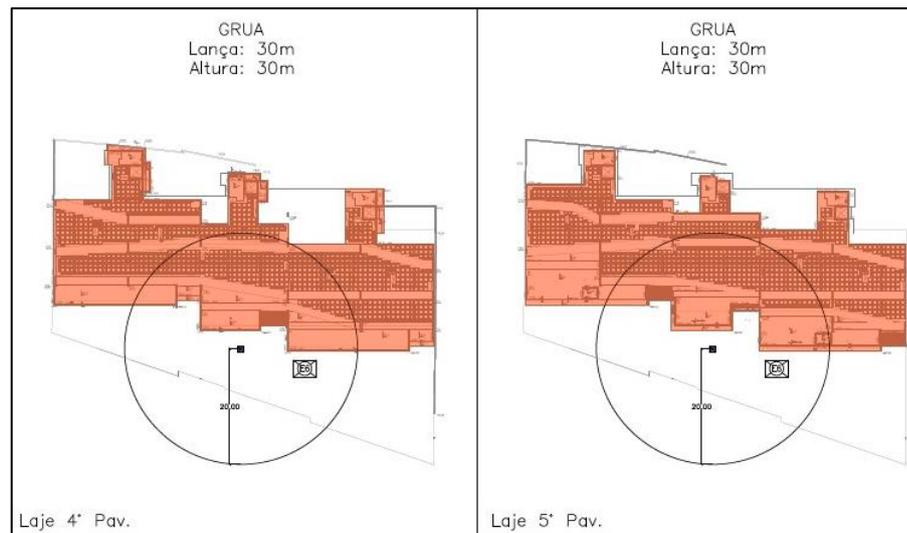
Percebe-se que, assim como na proposta um, o raio de atuação da grua teria alcance a praticamente todo o terreno, facilitando a distribuição e organização de materiais pelo canteiro de obras, assim como a carga e descarga dos veículos. O elevador cremalheira por sua vez, está próximo da central de armazenamento de materiais e com um livre acesso, portanto será mais fácil de carregá-lo com materiais, otimizando suas operações e ganhando tempo em cada viagem, ele também ficará posicionado de maneira que distância horizontal entre o ponto de acesso do elevador cremalheira no pavimento até o ponto de abastecimento é aproximadamente 45 metros. Com relação ao abastecimento dos andares superiores, as Figuras 37, 38 e 39 mostram a posição do elevador cremalheira com relação à distância das fachadas e o ponto de acesso em cada pavimento.

Figura 37 – Posição da grua e do elevador cremalheira no segundo e terceiro pavimento



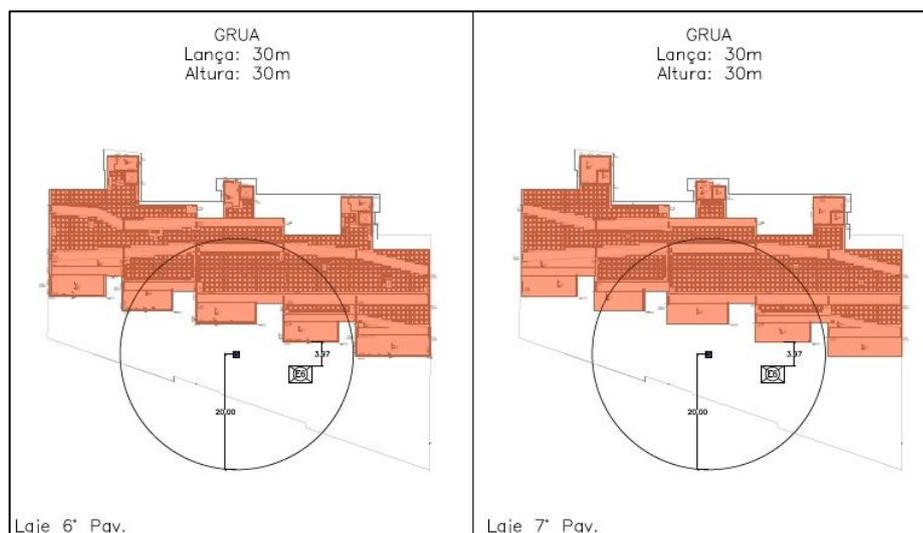
Fonte: Autor (2021)

Figura 38 – Posição da grua e do elevador cremalheira no quarto e quinto pavimento



Fonte: Autor (2021)

Figura 39 – Posição da grua e do elevador cremalheira no sexto e sétimo pavimento



Fonte: Autor (2021)

Percebe-se que nos pavimentos seis e sete da torre, o elevador cremalheira ficou um pouco afastado da fachada do prédio, em aproximadamente quatro metros, por tanto também será necessário montar um tipo de andaime ou plataforma para o recebimento dos materiais de revestimento, vedações e acabamentos. Além destas 2 plataformas para os dois últimos pavimentos, também serão necessários outros equipamentos auxiliares para complementar o abastecimento dos apartamentos como carrinho plataforma quatro rodas e paletiras.

#### 4.2.1 Custo

Para a proposta 02 tem-se um custo financeiro que, assim como na proposta 01, consiste no preço fixo de aluguel da grua, os equipamentos auxiliares para o transporte de diferentes insumos, o valor dos chumbadores que fazem a fixação da torre da grua em sua fundação, os custos referentes a montagem e desmontagem da grua, além do transporte de ida e volta das peças, um projeto de montagem e desmontagem com ART inclusa, o salário de um operador e um sinalizador e um valor mensal referente à manutenção preventiva da grua.

Além dos gastos referentes à grua, soma-se os custos do elevador cremalheira, que consiste no aluguel mensal do próprio elevador com a torre e as cancelas, serviços de montagem e desmontagem da torre do elevador, entrega técnica de documentos como ART e Teste de Freio, inspeção técnica mensal preventiva, uma limpeza final pós desmontagem, o transporte de ida e

volta das peças e o salário de um operador do elevador. A Tabela 2 mostra os valores referentes aos serviços e equipamentos da grua e elevador cremalheira, descritos anteriormente.

Tabela 2 – Custo da proposta 02

TABELA DE PREÇOS - OPÇÃO 02				
GRUA				
ITEM	QTDE	UNIDADE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Locação mensal (44 horas semanais)	8	Meses	R\$ 15.000,00	R\$ 120.000,00
01 Garfo para palete	8	Meses	R\$ 250,00	R\$ 2.000,00
01 Caçamba com capacidade de carga	8	Meses	R\$ 250,00	R\$ 2.000,00
Conjunto de chumbadores	1	Unidade	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
Montagem	1	Unidade	R\$ 16.000,00	R\$ 16.000,00
Desmontagem (podendo aumentar dependendo da dificuldade da operação)	1	Unidade	R\$ 16.000,00	R\$ 16.000,00
Transporte ida	1	Unidade	R\$ 5.800,00	R\$ 5.800,00
Transporte volta	1	Unidade	R\$ 5.800,00	R\$ 5.800,00
Projeto de montagem e Plano de Carga com ART inclusa	1	Unidade	R\$ 4.850,00	R\$ 4.850,00
Sinalizador/ Amarrador - por conta da obra	8	Meses	R\$ 2.500,00	R\$ 20.000,00
Operador da grua (8 horas/dia - 220h/mês)	8	Meses	R\$ 6.900,00	R\$ 55.200,00
Manutenção preventiva mensal	8	Meses	R\$ 1.800,00	R\$ 14.400,00
ELEVADOR CREMALHEIRA				
ITEM	QTDE	UNIDADE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Locação mensal elevador cremalheira, com torre metálica e cancelas	12	Meses	R\$ 7.000,00	R\$ 84.000,00
Serviço de montagem total inicial	1	Unidade	R\$ 7.000,00	R\$ 7.000,00
Serviço de montagem complementar	3	Unidade	R\$ 1.400,00	R\$ 4.200,00
Entrega técnica (ART, Teste de Freio e documentação)	1	Unidade	R\$ 800,00	R\$ 800,00
Inspeção técnica preventiva mensal	12	Meses	R\$ 900,00	R\$ 10.800,00
Serviço de desmontagem total	1	Unidade	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00
Limpeza final	1	Unidade	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00
Transporte ida e volta das peças	2	Unidade	R\$ 2.350,00	R\$ 4.700,00
Certificação de operador de cremalheira	1	Unidade	R\$ 800,00	R\$ 800,00
Operador de elevador da cremalheira	12	Meses	R\$ 2.500,00	R\$ 30.000,00
<b>Valor Total</b>				<b>R\$ 418.850,00</b>

Fonte: Autor (2021)

Além desses valores descritos na Tabela 4, também será gasto com as plataformas de recebimento do sexto e sétimo pavimentos, além da necessidade de outros equipamentos complementares para a realização do transporte de materiais internamente em cada pavimento como o carrinho plataforma quatro rodas e a paleteira.

#### 4.2.2 Praticidade

A produtividade da proposta 02 está relacionada com a capacidade de carga da grua e do elevador cremalheira. Conforme explicado na proposta 01, a grua estacionária de torre fixa tem

uma capacidade de carga que alterna entre 800 kg até 2500 kg dependendo da altura da carga e da distância da lança que a grua irá utilizar na operação. A Figura 35 no item 5.1.2 mostra com detalhes a capacidade de carga da grua. A respeito da produtividade do elevador cremalheira, segundo especificações passadas pelo fornecedor do equipamento, ele tem uma capacidade de carga de 1200 kg.

### **4.2.3 Segurança**

A proposta 02 apresenta suas complicações, como nos momentos um e dois, quando se tem a grua operando no canteiro de obras, com a segurança de suas operações, pois, conforme já falado anteriormente, a grua não deve operar com ventos superiores com velocidade muito elevada, e, tendo em vista que a obra está localizada em uma região da cidade que venta muito, isto pode vir a ser um sério problema para a obra. Outro ponto negativo sobre a grua é a proximidade que ela ficaria da rede elétrica que passa pela calçada na frente da obra.

### **4.2.4 Análise**

A proposta 02 tem alguns pontos positivos em seu favor como, por exemplo, o fato de possuir um custo menor que a proposta 01, por realizar o abastecimento interno dos pavimentos com um elevador cremalheira, naturalmente tem-se menos tempo da grua operando na obra para dar lugar ao elevador, que, por sua vez, é um equipamento com um custo mensal menor, portanto com uma economia maior. Pode-se dividir a proposta 02 em três momentos distintos: o primeiro momento seria referente à etapa inicial do processo, quando a obra estaria apenas executando a sua estrutura e, portanto, contaria apenas com a grua estacionária de torre fixa; um segundo momento seria quando a obra teria sua estrutura e acabamentos internos acontecendo simultaneamente e, conseqüentemente, tem-se a combinação de grua e elevador cremalheira atuando juntos; e um terceiro momento em que a estrutura já estará finalizada e a grua terá saído da obra, sobrando apenas o elevador cremalheira para a realização do abastecimento de materiais internamente em cada pavimento.

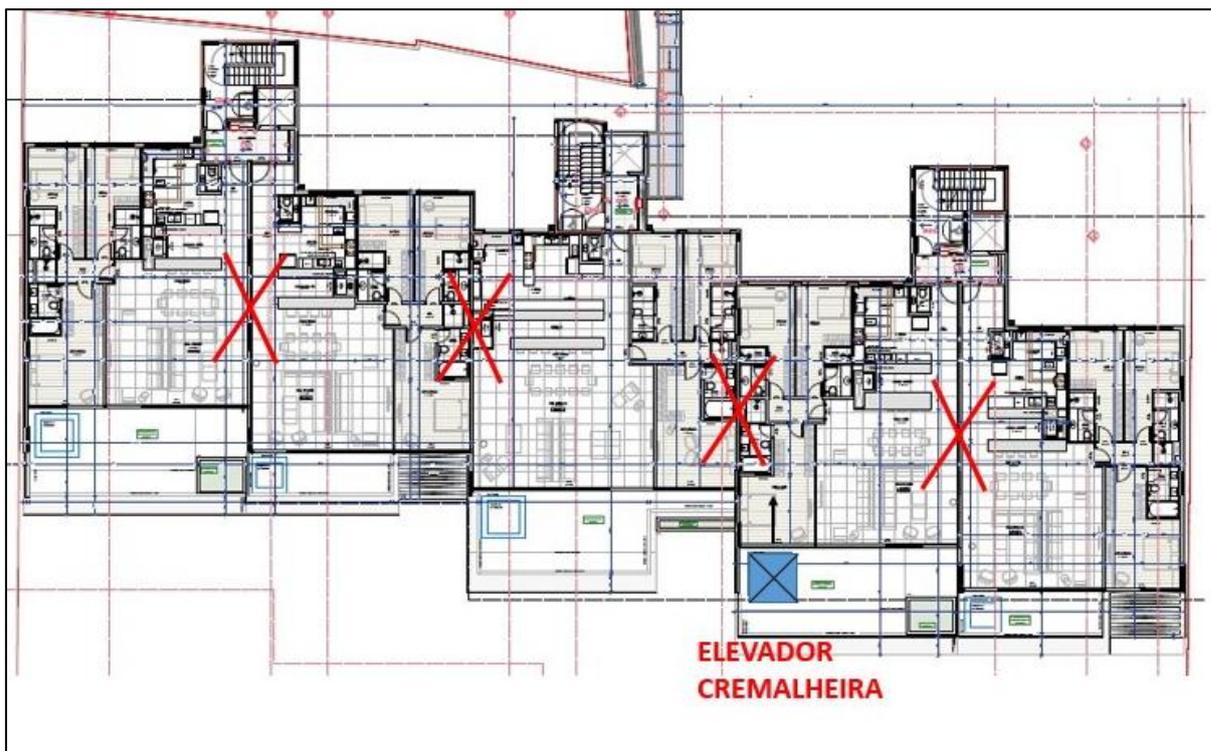
Outro ponto positivo da proposta 02 é sua produtividade, no momento um e principalmente no momento dois, quando teríamos a combinação de grua mais elevador cremalheira, pois, além de ter-se a grua com sua elevada capacidade de carga e raio de atuação abastecendo os insumos necessários para a execução da estrutura da torre, organizando e auxiliando na carga e descarga dos materiais que chegam e saem do canteiro de obras, também se tem o elevador cremalheira levando materiais de vedação e revestimento nos pavimentos iniciais.

Além disso, mais um aspecto vantajoso da proposta 02 é o fato de o elevador cremalheira também servir para o transporte de pessoas, sendo importante lembrar que não é permitido o transporte de materiais simultaneamente com pessoas. Ao contrário da proposta 01, este transporte de pessoas traria uma facilidade na locomoção pelos pavimentos da torre e um cansaço menor para a equipe de trabalhadores.

Por outro lado, a proposta 02 apresenta a desvantagem de que, após a saída da grua, no terceiro momento, quando se tem apenas o elevador cremalheira operando no canteiro de obras, tem-se uma dificuldade na organização e logística do canteiro de obras, e também na carga e descarga dos materiais, tendo em vista que a grua não poderá mais auxiliar nessas atividades. Será gasto mais tempo e mais trabalhadores nestas atividades para suprir a ausência da grua.

E, finalmente, o principal aspecto negativo desta proposta é referente à baixa terminalidade dos serviços, não da execução de sua estrutura, pois esta não sofrerá impacto, mas no que diz respeito à terminalidade dos acabamentos internos dos apartamentos pois, com a utilização do elevador cremalheira, todos os insumos necessários para a execução dos acabamentos, vedações e revestimentos serão abastecidos pelo mesmo local no pavimento e, a partir deste ponto de acesso, serão distribuídos conforme a necessidade de cada apartamento. A obra utilizada para o desenvolvimento do seguinte estudo não apresenta um corredor comum de circulação que comunique todos os apartamentos do mesmo pavimento. Tem-se cinco apartamentos por andar e três elevadores em toda a torre, então cada elevador leva a dois apartamentos vizinhos em cada pavimento, com exceção do elevador central, que leva ao apartamento central. Portanto, para o abastecimento interno dos apartamentos, algumas paredes não serão executadas para servir como passagem dos materiais, e só poderão ser executadas num momento posterior, quando todos os materiais de cada apartamento já tiverem sido abastecidos, o que representa uma baixa terminalidade nos serviços. A Figura 40 mostra um exemplo das paredes que não poderiam ser executadas no quarto pavimento para servir como corredor de passagem dos materiais.

Figura 40 – Paredes que não poderiam ser executadas para realização de abastecimento no quarto pavimento



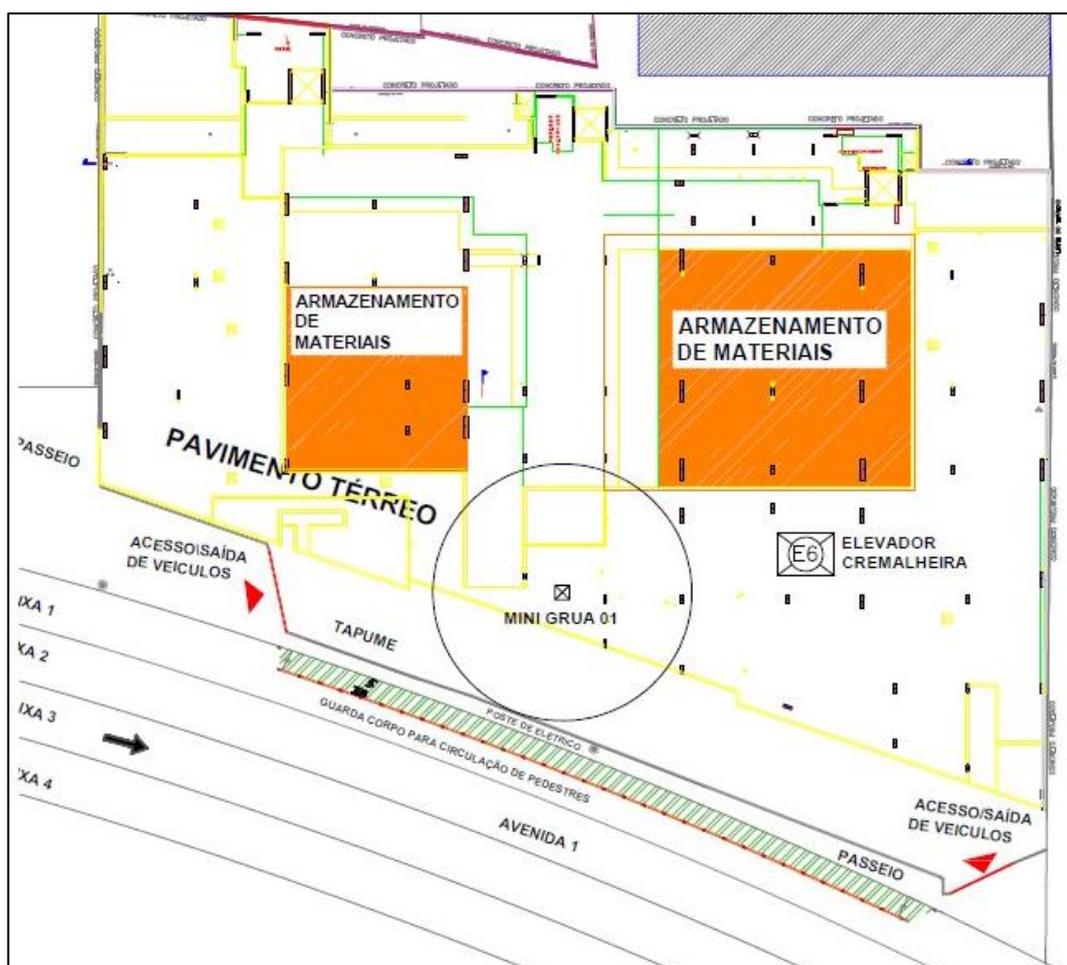
Fonte: Autor (2021)

### 4.3 PROPOSTA 03

A proposta três (03) consiste em uma combinação de três guas ascensionais em conjunto com um elevador cremalheira para a realização das movimentações de materiais pelo canteiro de obras. As três guas ascensionais ficariam posicionadas em lugares estratégicos pelo canteiro de obras, sendo a primeira grua no pavimento térreo e próximo à entrada de veículos da obra, justamente para facilitar as cargas e descargas de insumos na obra, assim como a organização e logística do canteiro. Esta grua ficaria fixa nesta posição durante toda a fase de execução da estrutura, sendo a principal responsável por levar os materiais necessários do seu local de armazenamento até a laje do segundo pavimento, onde as outras duas guas ascensionais levariam esses materiais até a laje em que seriam consumidos. As outras duas guas ascensionais iriam subindo conforme a estrutura do prédio fosse avançando, estando posicionadas em pontos mais internos do canteiro, porém com alcance ao raio de atuação da primeira grua. Estas guas seriam as responsáveis por distribuir os insumos pela laje, sendo uma posicionada em cada lado da laje, podendo trabalhar simultaneamente.

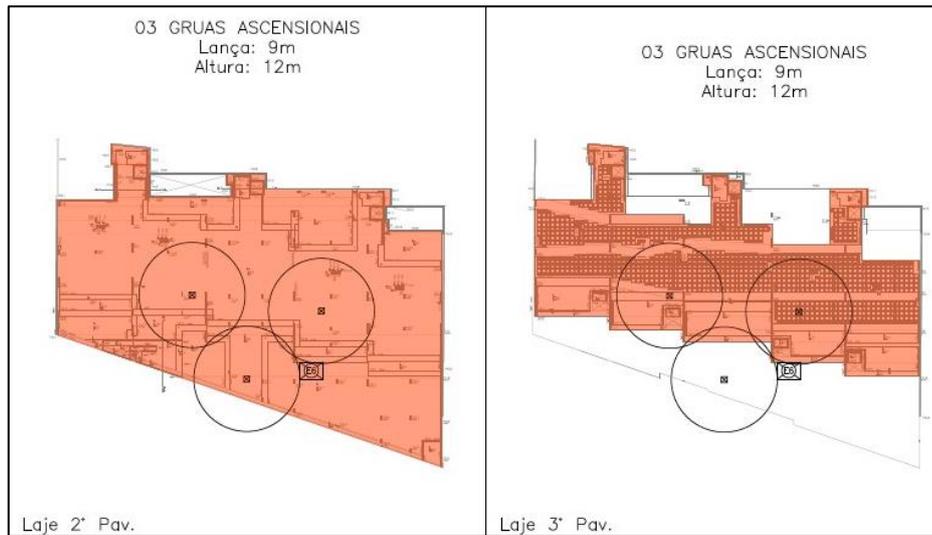
As três guias ficariam locadas na obra apenas durante a execução da estrutura da torre, enquanto o abastecimento interno para os materiais de vedação, alvenarias, revestimentos e outros acabamentos também seriam realizados por um elevador cremalheira, posicionado no mesmo local da proposta dois (02) e seguindo os mesmos critérios adotados para sua escolha. É válido salientar que o elevador estaria posicionado próximo aos pontos de armazenamento de materiais e teria livre acesso para o abastecimento das cargas, com o objetivo de otimizar ao máximo suas viagens e diminuir, assim, o seu tempo de ciclo. A elaboração da proposta três (03) foi feita levando em consideração três guias ascensionais de nove metros de lança e 12 metros de altura, e o elevador cremalheira com cabine dupla CMG-12, com 28,5 metros, 6 pavimentos e 6 cancelas. A Figura 41 mostra um croqui com o posicionamento das três guias ascensionais juntamente com o elevador cremalheira, enquanto as Figuras 42, 43 e 44 mostram a posição das guias ascensionais e elevador cremalheira em relação às lajes dos pavimentos superiores

Figura 41 – Croqui do pavimento térreo com a posição da guia ascensional 01e do elevador cremalheira



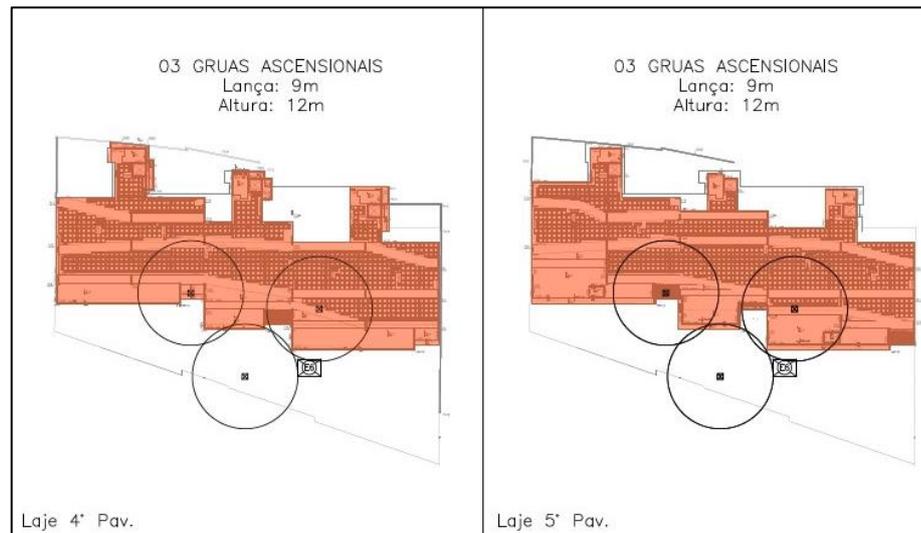
Fonte: Autor (2021)

Figura 42 – Posição das guias ascensionais e do elevador cremalheira no segundo e terceiro pavimento



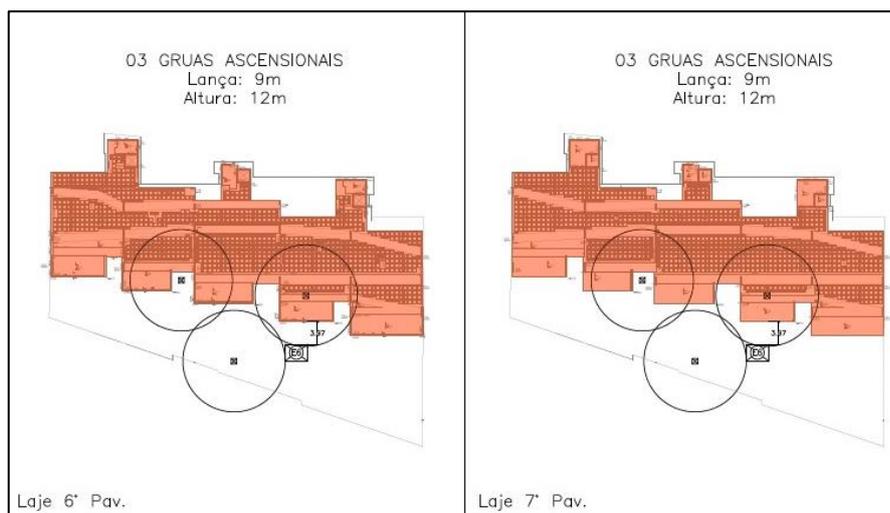
Fonte: Autor (2021)

Figura 43 – Posição das guias ascensionais e do elevador cremalheira no quarto e quinto pavimento



Fonte: Autor (2021)

Figura 44 – Posição das guias ascensionais e do elevador cremalheira no sexto e sétimo pavimento



Fonte: Autor (2021)

Nota-se que o raio de atuação das três guias ascensionais de lança de nove metros é menor que o raio de atuação de uma grua estacionária de torre fixa com lança de trinta metros, portanto, apesar das guias ascensionais levarem os materiais para cima das lajes dos pavimentos, ainda será necessário um transporte para levar cada insumo ao seu local de utilização, principalmente nos pontos mais extremos das lajes, transporte que será feito pelos trabalhadores da obra com o auxílio de equipamentos auxiliares. É válido salientar que, para uma otimização de performance das mini guias, é fundamental que cada máquina tenha seu próprio operador com sinalizador para que elas funcionem simultaneamente.

Já para o elevador cremalheira, que estará posicionado no mesmo local que na proposta dois, as premissas seguem as mesmas como, por exemplo, no sexto e sétimo pavimento da torre, o mesmo ficou distante da fachada do prédio, de maneira que serão necessárias duas plataformas de recebimento de materiais, uma em cada pavimento. Além destas 2 plataformas para os dois últimos pavimentos, também serão necessários outros equipamentos auxiliares para complementar o abastecimento dos insumos, como uma paleteira manual hidráulica ou um carrinho plataforma de quatro rodas.

### 4.3.1 Custo

O custo da proposta três (03) é a soma do gasto referente aos meses que as três guias ascensionais estarão na obra com o valor do período que o elevador cremalheira também estará na obra. Para as guias tem-se o valor mensal das três guias ascensionais, a montagem e

desmontagem integral para cada uma das três mini guas, a manutenção preventiva mensal, a documentação que engloba o projeto de localização das guas na obra e o Plano de Carga (contempla as três mini guas), um valor para a realização do treinamento dos operadores e sinalizadores, o transporte de ida e volta das peças do equipamento, um valor referente às montagens complementares para quando as mesmas precisarem subir para as laje superiores e também o salário de 3 operadores e 3 sinalizadores de guas.

Conforme foi visto na proposta dois, os custos relacionados com o elevador cremalheira consistem no aluguel mensal do próprio elevador com a torre e as cancelas, os serviços de montagem e desmontagem da torre do elevador, a entrega técnica de documentos como ART e Teste de Freio, um valor referente à inspeção técnica mensal preventiva, uma limpeza final pós desmontagem, o transporte de ida e volta das peças, além do salário de um operador de elevador cremalheira. A Tabela 3 mostra os valores referentes aos serviços e equipamentos das três guas ascensionais e elevador cremalheira descritos acima.

Tabela 3 – Custo da proposta 03

TABELA DE PREÇOS - OPÇÃO 03				
3 GRUAS ASCENSIONAIS + ELEVADOR CREMALHEIRA				
ITEM	QTDE	UNIDADE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Mini Grua, controle remoto para comando a distância, sem fio, carrinho na lança	8	Meses	R\$ 3.900,00	R\$ 93.600,00
Montagem integral	3	Unidade	R\$ 3.100,00	R\$ 9.300,00
Desmontagem integral	3	Unidade	R\$ 3.100,00	R\$ 9.300,00
Manutenção Preventiva mensal	1	Unidade	R\$ 750,00	R\$ 750,00
Projeto de Localização da Mini Grua (locação na obra), Plano de Carga (contempla as 3 mini guas)	1	Unidade	R\$ 16.000,00	R\$ 16.000,00
Treinamento para operador	3	Unidade	R\$ 450,00	R\$ 1.350,00
Transporte ida e volta das peças	2	Unidade	R\$ 3.000,00	R\$ 6.000,00
Montagens complementares	2	Unidade	R\$ 3.900,00	R\$ 7.800,00
Sinalizador/ Amarrador	8	Meses	R\$ 1.800,00	R\$ 43.200,00
Operador de mini grua	8	Meses	R\$ 2.500,00	R\$ 60.000,00
ELEVADOR CREMALHEIRA				
ITEM	QTDE	UNIDADE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Locação mensal elevador cremalheira, com torre metálica e cancelas	12	Meses	R\$ 7.000,00	R\$ 84.000,00
Serviço de montagem total inicial	1	Unidade	R\$ 7.000,00	R\$ 7.000,00
Serviço de montagem complementar	3	Unidade	R\$ 1.400,00	R\$ 4.200,00
Entrega técnica (ART, Teste de Freio e documentação)	1	Unidade	R\$ 800,00	R\$ 800,00
Inspeção técnica preventiva mensal	12	Meses	R\$ 900,00	R\$ 10.800,00
Serviço de desmontagem total	1	Unidade	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00
Limpeza final	1	Unidade	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00
Transporte ida e volta das peças	2	Unidade	R\$ 2.350,00	R\$ 4.700,00
Certificação de operador de cremalheira	1	Unidade	R\$ 800,00	R\$ 800,00
Operador de elevador da cremalheira	12	Meses	R\$ 2.500,00	R\$ 30.000,00
<b>Valor Total</b>				<b>R\$ 399.100,00</b>

Fonte: Autor

Além dos valores especificados na Tabela 5, a obra também terá outros gastos para a realização do transporte de materiais na proposta três, como por exemplo as plataformas de recebimento de materiais no sexto e sétimo pavimentos devido ao afastamento entre a prumada do elevador cremalheira e a fachada da torre, assim como os equipamentos auxiliares como paleteiras e carrinho plataforma de quatro rodas para a distribuição dos insumos em cada apartamento.

### 4.3.2 Praticidade

Para a praticidade da proposta 03, tem-se uma mudança significativa de desempenho no que diz respeito ao transporte dos insumos da estrutura da torre, pois as três guas ascensionais têm

uma capacidade de carga e um raio de atuação menor do que em comparação com a grua estacionária de torre fixa, por tanto será necessário um número maior de viagens para levar a mesma quantidade de insumos do seu local de armazenamento até o local de utilização. As três gruas ascensionais têm uma capacidade de carga de 1000 Kg em sua lança, de acordo com as especificações do fornecedor. Para o abastecimento dos materiais internos, o elevador cremalheira, segundo especificações passadas pelo fornecedor do equipamento possui uma capacidade de carga de 1200 Kg.

### **4.3.3 Segurança**

Pela ótica da segurança no trabalho, de acordo com uma entrevista feita com a equipe responsável pela segurança, composta por engenheiro de segurança e técnico de segurança, a proposta 03 também é a mais vantajosa. As gruas ascensionais, por serem equipamentos menores e com uma menor capacidade de carga, naturalmente são menos exigentes no que diz respeito às normas de segurança de suas operações. Como essa proposta possui três gruas ascensionais e elas trabalharam em conjunto nas operações de transporte, isto significa que as viagens das cargas terão uma distância menor e um tempo de duração mais curta para cada viagem, ou seja, a carga ficará suspensa no ar por intervalos de tempo menores. Ao contrário da grua estacionária de torre fixa, que sua lança horizontal, por ter trinta metros de comprimento, ultrapassa o limite do canteiro de obras, as três gruas ascensionais estão localizadas mais internamente no canteiro de obras e suas lanças horizontais, por serem menores, estão completamente dentro do terreno da obra eliminando assim a possibilidade de algum problema com os terrenos vizinhos da obra e estando mais afastada da rede elétrica que passa na via pública na frente da obra.

### **4.3.4 Análise**

Para a proposta três (03) pode-se ressaltar alguns pontos positivos como, por exemplo, por ser a mais vantajosa financeiramente entre as três sugestões propostas pelo presente trabalho, tendo em vista que o custo das três gruas ascensionais, mesmo com três operadores e três sinalizadores, somado com os custos referentes ao elevador cremalheira, ainda são menores do que os das outras duas propostas, que consistem em realizar alguma parte do transporte dos

materiais com uma grua estacionária de torre fixa. Outro ponto vantajoso da proposta três (03) é o fato de, assim como na proposta (02), contar com um elevador cremalheira que servirá também para a realização do transporte dos funcionários no canteiro de obras, diminuindo o cansaço e otimizando o tempo produtivo dos trabalhadores, principalmente nos momentos em que todos os pavimentos da obra estiverem com diferentes atividades acontecendo simultaneamente.

Em contrapartida, a proposta três (03) apresenta aspectos negativos, como, por exemplo, sua produtividade e praticidade para organização do canteiro de obras. As três gruas ascensionais, por apresentarem uma capacidade de carga inferior do que a grua estacionária de torre fixa, necessitam de um número maior de viagens para transportar a mesma quantidade de materiais e, por terem um comprimento de lança menor e, conseqüentemente, um raio de alcance menor do que a grua estacionária, alguns locais do canteiro de obras não estarão dentro da sua área de atuação, portanto, a produtividade de abastecimento dos insumos relacionados com a execução da estrutura será menor. E o mesmo raciocínio pode ser aplicado para a praticidade na organização e logística do canteiro de obras, tendo em vista que as gruas ascensionais alcançam uma área menor do canteiro e dos locais de armazenamento dos materiais.

Outra desvantagem desta proposta é a questão da baixa terminalidade dos serviços, e isso vale tanto para a estrutura quanto para os serviços de acabamentos internos dos apartamentos, pois, conforme visto na proposta dois (02), a utilização do elevador cremalheira necessita que algumas paredes específicas não possam ser executadas enquanto todos os materiais não forem abastecidos em cada apartamento pelo fato da obra não possuir um corredor de circulação que comunique todos os apartamentos. Já para a estrutura, tem-se o problema de as gruas ascensionais ficarem posicionadas em locais maciços da laje, ou seja, fora de um vão pré-existente, significando que, nas lajes da estrutura, após a desmontagem das três gruas ascensionais, será necessário concretar os vãos destinados para a passagem da torre de cada uma delas.

#### 4.4 COMPARATIVO DE VALORES

Tendo em vista que nos subitens 5.1.1, 5.2.1 e 5.3.1 deste trabalho foi feito um orçamento para cada uma das propostas com seus itens discriminados, com valor unitário e o valor total, a Tabela 4 foi elaborada de maneira que ela contenha os valores totais de cada proposta, separando apenas os gastos referente a cada equipamento de transporte de materiais, com o

intuito de realizar uma análise mais focada nos valores financeiros e facilitar a comparação entre elas.

Tabela 4 – Tabela de comparativo de valores das propostas

COMPARATIVO DE VALORES					
Proposta 01		Proposta 02		Proposta 03	
Máquina	Valor Total	Máquina	Valor Total	Máquina	Valor Total
GRUA	R\$ 587.450,00	GRUA	R\$ 267.050,00	GRUAS ASCENSIONAIS	R\$ 247.300,00
-	-	ELEVADOR CREMALHEIRA	R\$ 151.800,00	ELEVADOR CREMALHEIRA	R\$ 151.800,00
TOTAL	R\$ 587.450,00	TOTAL	R\$ 418.850,00	TOTAL	R\$ 399.100,00

Fonte: Autor (2021)

Foi escolhido como referência o valor total da proposta dois, por ser aquela com o custo intermediário, para utilização de base para as outras. Percebe-se que a proposta um apresenta um custo 40% maior do que a proposta dois, uma diferença significativa nesse critério. A proposta três, por sua vez, possui praticamente o mesmo valor da proposta dois, sendo apenas 5% mais econômica.

## 5 CONCLUSÃO

Tendo em vista os estudos e análises realizadas no presente estudo sobre transportes de materiais dentro de um canteiro de obra e os equipamentos disponíveis para a realização do mesmo, pode-se concluir que o planejamento do sistema de movimentação de materiais de um canteiro de obras é uma tarefa bastante complexa e pode ser realizada de diferentes formas. É importante salientar que não existe o melhor sistema de transporte de materiais que trará apenas benefícios para a obra, e nem todas as obras farão por esse mesmo sistema. Existem diferentes possibilidades, que, dependendo da realidade do canteiro de obras e dos critérios de preferência do gestor da obra ou da construtora, vão ser mais adequadas para cada caso específico.

Partindo desta linha de raciocínio, que também deve ser aplicada para os equipamentos que irão realizar os transportes de materiais no canteiro de obras, pode-se concluir que não existe a melhor máquina, que traria apenas vantagens com sua utilização, para realizar todas as movimentações, mas sim diferentes equipamentos, cada qual com seus benefícios e desvantagens, que terão um desempenho eficiente com base na sua proposta e critérios de escolha.

Falando especificamente das propostas de sistema de movimentação de materiais para a obra utilizada como base para o desenvolvimento do presente estudo, foi concluído que a proposta um (01) era a mais vantajosa pelo aspecto da produtividade de abastecimento dos materiais para a estrutura e acabamentos internos pois todos os transportes seriam realizados por uma grua estacionária de torre fixa, tendo em vista que, dentre os equipamentos avaliados, esta grua é aquela que apresenta a maior capacidade de carga e o maior raio de alcance de atuação. Por outro lado, a proposta um (01) é a mais problemática pela ótica da segurança do trabalho, tendo em vista que a grua estacionária de torre fixa também é o equipamento que mais traria complicações para a sua implantação e operação no canteiro de obras, conforme visto no capítulo 5 deste trabalho. Além disso, considerando-se que é um fator importante para a construção, desta foi a proposta com o maior custo dentre as três elaboradas. Por fim, os trabalhadores não poderiam utilizá-la para deslocamento vertical.

Para a proposta dois (02) foi concluído que esta seria uma situação intermediária por diferentes critérios, pois ela apresenta uma produtividade menor que a proposta um (01) e maior do que a

proposta três (03), por contar com a grua estacionária de torre fixa apenas para a realização do abastecimento dos insumos da estrutura da torre. Ao mesmo tempo, ela possui um custo 40% menor que a proposta um (01) e apenas 5% maior que a proposta três (03). Finalmente, esta proposta traria menos complicações com a segurança do trabalho do que a proposta um (01), justamente pelo fato da grua estacionária ficar menos tempo dentro do canteiro de obras, porém mais complicações do que a proposta três (03), que não conta com a grua estacionária em nenhum momento.

E por fim, a proposta três (03) seria a mais econômica financeiramente, pois possui um valor fixo mensal mais baixo que as outras duas e, conforme dito anteriormente, ela também seria a proposta mais favorável para a segurança do trabalho de suas operações, pois as guas ascensionais e o elevador cremalheira são equipamentos com menos exigências nas normas de segurança do trabalho. Porém, esta proposta seria a que mais teria desafios no que diz respeito a praticidade de operação dentro do canteiro de obras dentre as três avaliadas no estudo, pelo fato de as guas ascensionais terem uma capacidade de carga inferior e abrangerem uma área menor do canteiro de obras, conforme os critérios de produtividade considerados neste trabalho. A Tabela 5 mostra, de maneira resumida, as conclusões desenvolvidas sobre cada proposta. A tabela foi elaborada comparando as sugestões entre si e atribuindo notas de 1 a 3 para cada proposta em diferentes critérios, sendo um a pior nota e três a melhor nota.

Tabela 5 – Tabela de conclusão final

Tabela de avaliação			
Propostas	Custo	Segurança	Produtividade/Praticidade
Proposta 1 - 01 Grua de Torre Fixa	1	1	3
Proposta 2 - 01 Grua de Torre Fixa + 01 Elevador Cremalheira	2	2	2
Proposta 3 - 03 Guas Ascensionais + 01 Elevador Cremalheira	3	3	1

Fonte: Autor (2021)

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NR 11 - Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais**. Rio de Janeiro, 1978a.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NR 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Rio de Janeiro, 1978b.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Rio de Janeiro, 1978c.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 07197- Projeto de estruturas de concreto protendido**. Rio de Janeiro, 1989.

ANAPRE – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PISOS E REVESTIMENTOS DE ALTO DESEMPENHO. **Lapidação de pisos de concreto padrões de qualidade**. Revisão 0, 2018.

BESSLER, F. S. **Planejamento do sistema de movimentação e armazenamento de materiais em canteiros de obras: uso da grua**. Dissertação de graduação. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

BRANCO, A. O. C. **Estudo logístico relativo ao transporte vertical em um canteiro de obra de edificação**. Monografia. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Salvador, 2013.

CAUDURO, E. L. **Manual para a Boa Execução de Estruturas Protendidas Usando Cordoalhas de Aço Engraxadas e Plastificadas**. Disponível em: <[http://www.deecc.ufc.br/Download/TB812\\_Estruturas%20de%20Concreto%20Protendido/Manual.pdf](http://www.deecc.ufc.br/Download/TB812_Estruturas%20de%20Concreto%20Protendido/Manual.pdf)>. Acesso em: 02 out. 2021.

CIBC AGÊNCIA. **Custo com materiais de construção aumentou 25,05% em 12 meses**. Disponível em: <<https://cbic.org.br/custo-com-mhttps://cbic.org.br/custo-com-materiais-de-construcao-aumentou-2505-em-12-meses/ateriais-de-construcao-aumentou-2505-em-12-meses/>>. Acesso em: 14 set. 2021.

CONSTRU SERVICE. **Check list diário de grua**. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/36904074/check-list-grua>>. Acesso em: 09 nov 2021.

CORAG Assessoria de Publicações Técnicas Porto Alegre. **Código de Edificações de Porto Alegre LC Nº 284**. 5ª Edição, 2001

CRUZ, D.R. **Execução de piso industrial de concreto com a utilização de fibra sintética**. Monografia para graduação. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

ENGENHARIA DE SUPERFÍCIE. **Lapidação de Concreto: Conheça esse processo**. Disponível em: <<https://engenhariadesuperficie.com.br/piso-de-concreto/lapidacao-de-concreto-conheca-esse-processo/>>. Acesso em: 09 nov 2021.

FARAH, M. F. S. **Tecnologia, processo de trabalho e construção habitacional**. Tese de doutorado em Sociologia, Departamento de Ciências Sociais da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992.

FORMOSO, C. T. **Fundamentos da gestão da produção: Avanços recentes na gestão da produção na indústria da construção**. 1 ed. Porto Alegre: Notas de aula, 2021.

FORMOSO, C.T. **Notas de Aula de Gerenciamento da Construção**. Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2021.

GABRIEL, M. S. **Discussão sobre o uso de grua ascensional em edifícios de alvenaria estrutural**. Monografia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2018.

GEHBAUER F.; EGGENSBERGER M; ALBERTI M. E.; NEWTON S. A. **Planejamento e Gestão de Obras**. Curitiba. Editora CEFET, 2002.

GRUPO CONSTRUMAQ. **Balde para Concreto - Produto**. Disponível em: <<http://www.grupoconstrumaq.ind.br/produtos/balde-para-concreto.html>>. Acesso em: 09 nov 2021.

GRUPO CONSTRUMAQ. **Caçamba de Entulho - Produtos**. Disponível em: <<http://www.grupoconstrumaq.ind.br/produtos/cacamba-de-entulho.html>>. Acesso em: 09 nov 2021.

GRUPO CONSTRUMAQ. **Garfo Paleteiro 2T Fixo Alt 1800 Reg Larg 1100**. Disponível em: <<http://www.grupoconstrumaq.ind.br/produto/garfo-paleteiro-2t-fixo-alt-1800-reg-larg-1100.html>>. Acesso em: 09 nov. 2021.

HEINECK, L.F.; Maués, L. M.; Neves, R. M. **Movimentação de argamassa em obra: uma avaliação do consumo de mão- de-obra nesta atividade do canteiro**. I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1995, Goiânia. UFG, Antac, 1995.

ILLINGWORTH, J.R. **Construction: methods and planning**. London: E&FN Spon, 1993.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T; CESARE, C. M. D.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C. L. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na: Construção Civil**. --Porto Alegre, SEBRAE/RS, p.4, 2000.

IW8. **Plataforma para Recebimento de Materiais no Andar**. Disponível em: <<https://www.iw8.com.br/noticias/plataforma-recebimento-materiais-andar.html>>. Acesso em: 09 nov 2021.

LICHTENSTEIN, N. B.; GONÇALVES, O. M. **Formulação de modelo para o dimensionamento do sistema de transporte em canteiro de obras de edifícios de múltiplos andares**. 1987.Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987a.

LICHTENSTEIN, N. B. **O Uso da Grua na Construção do Edifício**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Civil, São Paulo, 1987b.

LIEBHERR. **200 DR 5/10 LITRONIC**. Disponível em: <<https://www.liebherr.com/pt/bra/produtos/maquinas-de-construcao/guindastes-de-torre/guindastes-de-giro-superior/derrick-dr/details/71977.html#lightbox>>. Acesso em: 09 nov 2021.

NAKAMURA, J. **Gruas viabilizam a movimentação de cargas e elevam a produtividade**. 2010. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/gruas-viabilizam-amovimentacao-de-cargas-e-elevam-a-produtividade\\_15677\\_10\\_22](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/gruas-viabilizam-amovimentacao-de-cargas-e-elevam-a-produtividade_15677_10_22)>. Acesso em: 18 out 2021.

PASSINI EQUIPAMENTOS. **Nossos Produtos – Elevador Cremalheira**. Disponível em: <<http://www.passiniequipamentos.com.br/produtos/elevador-cremalheira/>>. Acesso em: 09 nov 2021.

PASSINI EQUIPAMENTOS. **Nossos Produtos – Gruas**. Disponível em: <<http://www.passiniequipamentos.com.br/produtos/grua/>>. Acesso em: 09 nov 2021.

PEURIFOY, R. L.; SCHEXNAYDER, J. C.; SHAPIRA, A.; SCHMITT, L. R. **Planejamento, equipamentos e métodos para a construção civil**. 8ª edição. Editora Mc Graw Hill, 2015.

RIOS, R. D. **Notas de Aula Concreto Protendido**. Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2021.

RUDLOFF. **Catálogo de Concreto Protendido**. 2021.. Disponível em: <<http://www.rudloff.com.br/download/>>. Acesso em: 02 out. 2021.

SANTA RITA LOCAÇÕES. **Montagem de guas**. Disponível em: <<https://www.santaritalocacoes.com.br/atuacao/montagem-de-guas/>>. Acesso em: 09 nov 2021.

SANTOS, T. A. **Método de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. **Planejamento de canteiros de obras e gestão de processos**. 3 ed. Porto Alegre: HABITARE 13 p., 2006.

SAURIN, T. A. **Método para diagnóstico e diretrizes para planejamento de canteiros de obras de edificações**. Dissertação de Mestrado. Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1997.

SCIGLIANO, W. A. **Manual para utilização de guas**. São Paulo: Ed. Do Autor, 2015.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e controle**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre 1993.

SOUSA, D. R. V. **Análise da Viabilidade Econômica do Uso de Elevador de Cremalheira na Construção Civil**. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia

Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SUL ANDAIMES. **Proposta comercial de locação de Grua Grubras tipo fixa modelo GBFT- 46.** Porto Alegre, 2021.

TECNIPAR. **Catálogo de produtos.** Disponível em: <http://repnorte.com.br/tecnipar.pdf>>. Acesso em: 09 nov 2021.

TECNIPAR. **Manual Técnico da Instalação/Operação Grua de Médio Porte Tecnipar.** Disponível em: < <https://docplayer.com.br/60811626-Manual-tecnico-de-instalacao-operacao-grua-de-medio-porte-tecnipar-modelo-gmpt-600.html>>. Acesso em: 09 nov 2021.

