

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Matheus Dutra Bortolozzo

ESTUDO COMPARATIVO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE  
ANDAIME FACHADEIRO E SISTEMA LIMITADOR DE  
QUEDA EM ALTURA, EM RELAÇÃO AOS SEUS  
ORÇAMENTOS

Avaliador:
Defesa: dia 08/01/2020 às 09:45 horas
Local: UFRGS / NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Construção, Sala 100 Av. Oswaldo Aranha, 99.
<b>Anotações com sugestões para qualificar o trabalho são bem-vindas. O aluno fará as correções e lhe passará a versão final do trabalho, se for de seu interesse.</b>

Porto Alegre  
Janeiro de 2020



**MATHEUS DUTRA BORTOLOZZO**

**ESTUDO COMPARATIVO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE  
ANDAIME FACHADEIRO E SISTEMA LIMITADOR DE  
QUEDA EM ALTURA, EM RELAÇÃO AOS SEUS  
ORÇAMENTOS**

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

**Orientador: Ruy Alberto Cremonini**

Porto Alegre  
Janeiro de 2020



**MATHEUS DUTRA BORTOLOZZO**

**ESTUDO COMPARATIVO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE  
ANDAIME FACHADEIRO E SISTEMA LIMITADOR DE  
QUEDA EM ALTURA, EM RELAÇÃO AOS SEUS  
ORÇAMENTOS**

Porto Alegre, janeiro de 2020

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)**  
Dr. pela USP  
Orientador

**Prof. Daniel Tregnago Pagnussat (UFRGS)**  
Dr. pela UFRGS

**Profa. Lais Zucchetti (UFRGS)**  
Dra. pela UFRGS



Dedico este trabalho a todos os amigos que fiz nas  
empresas em que trabalhei durante minha jornada na  
universidade.





## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Professor Ruy Alberto Cremonini, orientador deste trabalho, pela atenção e disponibilidade. Agradeço minha família, mãe, pai e irmão pelo incentivo desde o início da faculdade. Agradeço minha noiva, Júlia, pela ajuda, compreensão e carinho. Agradeço a todos que de alguma forma auxiliaram na realização deste trabalho.



O planejamento não diz respeito a decisões futuras, mas às  
implicações futuras das decisões presentes.

*Peter Drucker*



## RESUMO

Uma das causas mais preocupantes e que geram mais fatalidades na construção civil é a queda em altura. Visando a proteção do trabalhador, existem opções de equipamentos de proteção coletiva. O presente trabalho apresenta duas alternativas destes equipamentos: o andaime fachadeiro e o sistema limitador de queda em altura (S.L.Q.A), expondo os requisitos para atendimento das normas regulamentadoras vigentes. O estudo a seguir pretende comparar a implantação destas duas alternativas para uma mesma edificação, visando identificar qual delas apresenta menor custo e analisando as características e implicações de cada uma delas. A simulação foi realizada em cima de um projeto de uma construção residencial de dez pavimentos, em Porto Alegre. Esta edificação tem sua fachada revestida em argamassa e pintada. A demonstração tem como base entrevistas com empresas especializadas em cada um dos sistemas de proteção, em que foram tomados valores unitários e métodos de levantamento. Com os dados levantados, se calculou quanto seria o orçamento necessário para implantação de cada um dos equipamentos. Também foi levantado o necessário para realização dos trabalhos externos, para quando a alternativa for o S.L.Q.A. O mesmo não acontece quando a escolha for o andaime fachadeiro, pois este também proporciona ao trabalhador acesso a parte externa da edificação para realização dos serviços na fachada. Através dos resultados, se observou que, para o edifício analisado, o sistema S.L.Q.A é mais barato, mesmo contemplando as economias que a implantação do andaime fachadeiro proporciona.

Palavras-chave: *andaime fachadeiro, sistema limitador de queda em altura, rede U, rede V, orçamento, andaime suspenso.*



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Construção utilizando andaime fachadeiro do tipo modular.....	19
Figura 2 – Sistema S de rede de segurança.....	20
Figura 3 – Sistema S de rede de segurança.....	20
Figura 4 – Sistema T de rede de segurança.....	21
Figura 5 – Sistema T de rede de segurança.....	21
Figura 6 – Sistema V de rede de segurança.....	22
Figura 7 – Sistema V de rede de segurança.....	22
Figura 8 – Sistema U de rede de segurança.....	23
Figura 9 – Sistema U de rede de segurança.....	23
Figura 10 – Utilização dos sistemas V e U em conjunto.....	24
Figura 11 – Componentes do sistema V.....	26
Figura 12 – Componentes do sistema U.....	27
Figura 13 – Exemplo de andaime suspenso.....	28
Figura 14 – Esquematização do uso de bandejas primária e secundária.....	29
Figura 15 – Planta baixa do empreendimento estudado.....	31
Figura 16 – Corte do empreendimento estudado.....	32
Figura 17 – Esquematização do número mínimo de módulos a serem locados.....	35
Figura 18 – Esquematização da ascensão da rede V.....	37
Figura 19 – Esquematização do número de forcas necessárias.....	38





## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade utilizada de andaime fachadeiro por fachada.....	34
Tabela 2 – Quantidade utilizada de andaime fachadeiro a cada pavimento concretado...	35
Tabela 3 – Valores levantados para uso da Rede V.....	38
Tabela 4 – Valores levantados para uso da Rede U.....	39
Tabela 5 – Quantidade e especificações dos balancins por fachada.....	41
Tabela 6 – Valor orçado para montagem e desmontagem do andaime fachadeiro.....	42
Tabela 7 – Comparação entre duas alternativas envolvendo locação e frete de andaime fachadeiro .....	43
Tabela 8 – Valor orçado para locação do andaime fachadeiro.....	45
Tabela 9 – Valor total orçado para uso do andaime fachadeiro.....	45
Tabela 10 – Valor total orçado para uso da Rede V .....	46
Tabela 11 – Valor total orçado para uso da Rede U.....	46
Tabela 12 – Valor total orçado para uso do andaime suspenso.....	47
Tabela 13 – Valor total orçado para implantação do S.L.Q.A.....	47
Tabela 14 – Quadro resumo de vantagens e desvantagens dos sistemas.....	48



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>16</b>
2.1 SEGURANÇA NO TRABALHO.....	16
2.2 NORMA REGULAMENTADORA NR-18.....	16
2.3 NORMA REGULAMENTADORA NR-35.....	17
2.4 ANDAIME FACHADEIRO.....	18
2.5 SISTEMA LIMITADOR DE QUEDA EM ALTURA.....	19
<b>2.5.1 SISTEMA DE REDE V.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5.2 SISTEMA DE REDE U.....</b>	<b>26</b>
2.6 ANDAIME SUSPENSO.....	27
2.7 PLATAFORMAS PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA.....	28
<b>3 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>30</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA.....	30
3.2 METODOLOGIA.....	32
<b>3.2.1 ANDAIME FACHADEIRO.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.2 SISTEMA LIMIRADOR DE QUEDA EM ALTURA.....</b>	<b>36</b>
3.2.2.1 <i>Sistema de Rede V.....</i>	36
3.2.2.2 <i>Sistema de Rede U.....</i>	39
3.2.2.3 <i>Plataforma Primária.....</i>	40
3.2.2.4 <i>Andaime Suspenso.....</i>	40
3.3 RESULTADOS.....	41
<b>3.3.1 OPÇÃO DO ANDAIME FACHADEIRO.....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.2 OPÇÃO DO SISTEMA LIMITADOR DE QUEDA EM ALTURA.....</b>	<b>45</b>
<b>3.3.3 COMPARATIVO ENTRE OPÇÕES.....</b>	<b>47</b>
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>49</b>
REFERÊNCIAS.....	51



## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil ainda desempenha um papel fundamental na economia do país apesar da retração sofrida por este, que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) chegou a uma queda de 14,3% até outubro de 2017. Conforme o resultado do Produto Interno Bruto (PIB), divulgado no dia 29 de agosto de 2019, pelo IBGE, o setor da construção apresentou alta de 1,9%, enquanto, neste mesmo período, a economia nacional cresceu 0,4%.

Todavia, importante ressaltar que a construção civil, apesar da importância, vem se destacando de maneira negativa no Brasil. Segundo a Associação Nacional de Medicina do Trabalho (ANAMT), a construção é um dos segmentos que mais registram acidentes de trabalho, sendo o primeiro do país em incapacidade permanente, o segundo em mortes (perdendo apenas para o transporte terrestre) e o quinto em afastamentos com mais de 15 dias.

O mais recente Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho (AEAT), divulgado pelo Ministério do Trabalho, aponta que em 2017 ocorreram 549.405 acidentes de trabalho em todo país, sendo 46.736 no RS. Na construção civil, foram 30.025 acidentes, equivalente a 5,46% do total.

Segundo o Ministério do Trabalho, citado por Dino (2016) estima-se que 40% dos acidentes ocorreram por quedas de altura, o que faz com que serviços em níveis elevados desponham como atividades que mais causam fatalidades. Porém, a maioria das ocorrências poderia ser evitada se fossem tomadas as medidas preventivas. Sabe-se que os incidentes normalmente ocorrem devido a uma sequência de falhas e de deméritos quanto à segurança.

Para reduzir os riscos de contingências de trabalho na construção civil existem normas reguladoras (NR) que orientam para melhores práticas a fim de se evitar que maiores incidentes aconteçam.

A Norma Regulamentadora NR-18 (2015) trata da saúde e segurança na construção. Esta norma estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização para implementação e controle de medidas de segurança.

Outra norma que trata sobre o assunto, porém voltada para trabalhos em altura, é a Norma Regulamentadora NR-35 (2016). Nela se estabelecem os requisitos mínimos de proteção para o trabalho em altura, envolvendo diretrizes de planejamento, organização e execução de medidas protetivas para a ocupação.

Também existe a Norma Regulamentadora NR-9 (2014), que trata sobre o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), em que se devem descrever as medidas de controle existentes, incluindo a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e de Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC), durante todos os processos de construção. Ainda de acordo com a NR-9 (2014), no item 9.3.5.2, as empresas devem priorizar a utilização do EPC, colocando a adoção do EPI em segundo plano, isto é expondo seu entendimento de que a prevenção coletiva traz mais resultados positivos que a individual.

Equipamentos de proteção coletiva são dispositivos e sistemas que auxiliam na segurança do trabalhador dentro do local de operação. O EPC auxilia na diminuição de acidentes, já que mantém todos dentro do canteiro protegidos quanto aos mesmos. Estes possuem diversas formas e são aplicados em diferentes locais, e com diferentes funções, dentro de uma construção e estão presentes em todas as etapas de uma obra. As Normas citadas estabelecem requisitos para instalação de EPCs contra quedas em altura, porém não determinam o modelo a ser seguido. Atualmente existem diversas soluções no mercado cabendo ao empregador a escolha levando em conta, além da segurança do trabalhador, o custo, a durabilidade, a facilidade de instalação entre outros aspectos.

Dada a maior incidência de uso, em Porto Alegre, dos sistemas de andaime fachadeiro e sistema limitador de queda em altura (S.L.Q.A), este estudo se limitará em comparar estes dois modelos. O objetivo aqui proposto é, mediante a análise orçamentária, identificar qual dos dois equipamentos apresenta melhor custo benefício para a construtora. Para tanto o estudo foi realizado sobre uma mesma edificação e leva em conta, não apenas o valor de cada equipamento de segurança, mas também o valor do equipamento necessário para realização do revestimento externo, no caso de escolha do S.L.Q, já que o andaime fachadeiro também pode ser usado para realização deste serviço. O fator que provocou a realização deste trabalho é a hipótese de que a decisão quanto ao sistema de segurança a ser usado leva em conta apenas o orçamento destes, e que uma análise mais ampla proposta aqui pode provocar uma diferente decisão.

O trabalho usa como base os projetos arquitetônicos de uma edificação real de dez pavimentos, assim como nas as plantas de fachada, obtidos junto a um escritório de projeto estrutural. Outras informações sobre a construção, não foram fornecidas.

Para obter-se uma comparação adequada, algumas premissas foram levadas em consideração. O levantamento foi realizado apenas nos pavimentos que respeitam a projeção do pavimento tipo, onde é possível a implantação de qualquer um dos sistemas citados. No reservatório superior, por exemplo, não faz sentido ser usado o S.L.Q.A, logo não tem lógica comparar a economia com o revestimento externo neste local. Como o andaime fachadeiro proporciona uma grande frente de trabalho (todas as fachadas ou alguma delas apenas), foi considerada a mesma frente utilizando andaime suspenso (equipamento utilizado para realizar o revestimento externo quando utilizando o S.L.Q.A como sistema de proteção). O presente trabalho não pretende avaliar qual dos dois é mais seguro para o trabalhador, pois é considerado que ambos são aceitos e atendem as exigências das NR-18 (2015) e NR-35 (2016).

Não foram considerados custos extras no orçamento, como indenização por mal uso de equipamento, por exemplo, assim como atrasos. Logo para uma melhor comparação, foi considerado que o cronograma estabelecido para a obra, seja usando andaime fachadeiro ou S.L.Q.A, será respeitado.

Dito isso esclarece-se que para o estudo orçamentário do andaime fachadeiro, foi realizada entrevista com funcionários de uma empresa de andaimes atuante em Porto Alegre, oportunidade em que foram tomados os métodos de levantamento assim como os preços utilizados. O mesmo foi realizado para análise do sistema limitador de queda em altura. A revisão bibliográfica aborda os equipamentos estudados, referenciando suas questões de segurança do trabalho, de utilização, de montagem e de funcionamento.

Pretende-se chegar a uma conclusão de qual das opções torna o orçamento, para uma edificação específica, mais econômico. Também busca-se identificar quando cada uma das alternativas é a mais apropriada.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 SEGURANÇA NO TRABALHO**

Carvalho (2017) destaca os cinco tipos mais comuns de acidentes: quedas em altura, cortes e lacerações, L.E.R (lesões por esforço repetitivo), exposição aos sons altos, picadas de insetos e bichos peçonhentos. Segundo Roque (2011), as principais causas de acidentes de queda em altura são devidas à perda de equilíbrio, em espaço sem proteção; falta de proteção; falha de uma instalação ou de um dispositivo de proteção; métodos impróprios de trabalho; trabalhador não apto ao trabalho em altura.

Isto demanda ações, sempre com treinamento e seguindo as devidas normas. As principais normas regulamentadoras, relacionadas a segurança do trabalho e a trabalho em altura, são as normas regulamentadoras 18 e 35.

### **2.2 NORMA REGULAMENTADORA NR-18**

Publicada em junho de 1978, e com diversas alterações e atualizações, sendo a última em abril de 2018, esta norma é uma das mais importantes para o setor da construção civil. Esta norma regulamentadora, estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho. Nela consta que é vedado o ingresso ou a permanência de trabalhadores no canteiro de obra, sem que estejam asseguradas as medidas preventivas e compatíveis com a fase da obra.

A NR-18 (2015) tem como principais objetivos: garantir a saúde e a integridade dos trabalhadores; definir atribuições e responsabilidades às pessoas que administram; fazer previsão dos riscos que derivam do processo de execução de obras; determinar medidas de proteção e prevenção que evitem ações e situações de risco.

No que diz respeito às medidas de proteção contra quedas de altura, a NR-18 (2015) aborda esse assunto no item 18.13. No item 18.13.4 a norma cita a obrigatoriedade da instalação de proteção periférica na edificação contra queda de trabalhadores e de materiais, já necessária a partir da concretagem da primeira laje.



A norma traz duas soluções de proteção periférica a serem adotadas em construções verticais de mais de quatro pavimentos, são elas: Plataformas secundárias de proteção e Redes de Segurança presentes no sistema limitador de queda em altura. Independente da solução adotada é indispensável o uso da plataforma principal.

Andaime fachadeiro também entra como uma possibilidade de proteção coletiva possível de instalação. Este sistema, além da proteção periférica, também serve como plataforma de trabalho e tem suas características dispostas nos itens 18.15.19 ao 18.15.25 da NR-18 (2015)

### 2.3 NORMA REGULAMENTADORA NR-35

Norma regulamentadora publicada em 2014, diz respeito aos requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, complementando a NR-18 (2015). A NR-35 (2016), no item 35.1.2, considera trabalho em altura toda atividade executada acima de dois metros do nível do piso, havendo risco de queda.

No item 35.4.2, a norma indica medidas a serem tomadas no planejamento do trabalho, seguindo a seguinte hierarquia:

- a) evitar o trabalho em altura, sempre que existir outra alternativa;
- b) eliminar o risco de queda dos trabalhadores;
- c) minimizar as consequências da queda do trabalhador.

A norma, no item 35.5.3, apresenta a seleção dos sistemas de proteção contra quedas, na seguinte ordem de utilização:

- a) Sistema de proteção coletiva contra quedas – SPCQ;
- b) Sistema de proteção individual contra quedas – SPIQ, nas seguintes situações:
  - b.1) Na impossibilidade de adoção do SPCQ;
  - b.2) Sempre que o SPCQ não oferecer proteção completa;
  - b.3) Em situações de emergência.

## 2.4 ANDAIME FACHADEIRO

O andaime fachadeiro é projetado para permitir a circulação dos operários em diversos níveis com livre acesso à área de operação. São plataformas de trabalho necessárias para a execução de serviços em fachadas e lugares elevados. Seu sistema baseia-se em andaimes intertravados ao longo da fachada, formando uma base sólida contra acidentes e diminuindo o risco de quedas de objetos. Segundo a NR-35 (2016), seus andaimes servem como plataformas para trabalhos em altura.

Os andaimes necessitam, segundo obrigatoriedade da NR-18 (2015) para proteção contra queda, em todo o seu perímetro e inclusive nas cabeceiras, com exceção da face de trabalho, de rodapé com 20 cm de altura, travessão superior ou guarda-corpo com 1,20m de altura e travessão intermediário de 70 cm. Os vãos entre travessas devem ser preenchidos com tela ou outro dispositivo para evitar a queda de pessoas ou materiais durante a execução de trabalhos. Estas telas devem possuir resistência mecânica apropriada e necessitam ser instaladas de tal maneira que abranjam desde a primeira plataforma até dois metros acima da última. O acesso aos andaimes deve ocorrer por meio de escadas metálicas acopladas aos painéis, com largura mínima de 40 cm, ou escada fixa, do tipo marinheiro, com 6m de altura ou mais.

A montagem do andaime começa paralela ao início da estrutura, subindo conforme o desenvolvimento da obra. A cada nova laje concretada, um novo jogo de módulos de andaime fachadeiro é montado. Devido ao fácil trânsito de trabalhadores entre as plataformas, esse equipamento traz algumas vantagens para a produtividade de serviços em altura, uma delas é a possibilidade do trabalho simultâneo de vários operários. Outra vantagem é o fato de que a obra não perde tempo com a desmobilização do equipamento de proteção e mobilização do maquinário para revestimento externo, pois o andaime fachadeiro serve para ambos, não tendo que ser retirado. O tipo mais comum de andaime fachadeiro é o modular, ilustrado na figura 1.

Figura 1 – Construção utilizando andaime fachadeiro do tipo modular



(fonte: Site da empresa Jog Engenharia de Andaimos: Disponível em: <https://www.jogandaimos.com.br/obras.>)

Farias (2007), classifica como um sistema adequado para obras rápidas. Salienta que se o serviço se estender por tempo maior que o programado, o andaime fachadeiro alugado pode não ser a melhor opção. O autor enfatiza a fácil locomoção entre as plataformas e como essa facilidade induz à melhoria da qualidade do revestimento externo.

De acordo com Coelho (2010), o andaime fachadeiro é uma boa opção tanto em construções pequenas, como um sobrado, quanto na construção de um edifício. Salienta, porém, que esse sistema é mais vantajoso quando o seu tempo de permanência não é muito longo. O autor esclarece: “Se o edifício é muito alto, a estrutura montada no primeiro andar pode ficar ociosa muito tempo, o que eleva o custo de locação. Neste caso, o balancim torna-se a melhor opção.”

## 2.5 SISTEMA LIMITADOR DE QUEDA EM ALTURA

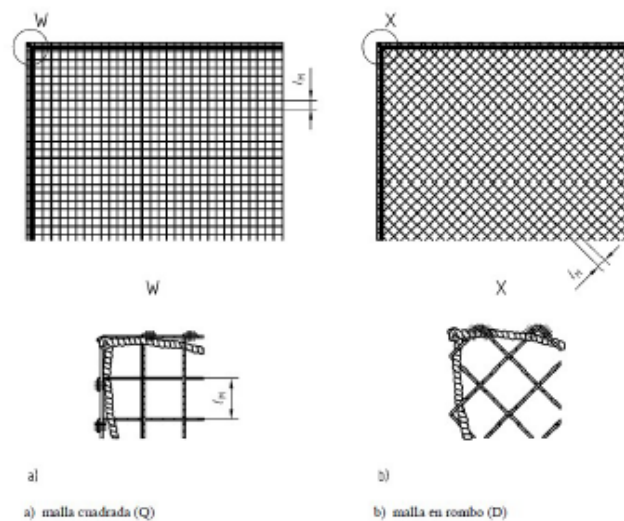
O S.L.Q.A é um sistema constituído por redes de segurança capazes de suportar o peso de uma pessoa ou material em queda. De acordo com a NR-18 (2015), no item 18.13.12.2, o

sistema deve ser composto por: rede de segurança, cordas de sustentação ou de amarração e perimétrica de rede e conjunto de sustentação, fixação e ancoragem de acessórios de rede.

A norma europeia UNE-EN-1263-1, classifica as redes de segurança em quatro tipos:

Sistema S: Rede de segurança com corda perimetral, utilizada contra queda em vazios, na horizontal. Sua malha pode ser disposta de maneira a ficar quadrada ou de maneira a ficar com formato de losango (Figuras 2 e 3).

Figura 2 – Sistema S de rede de segurança



(fonte: UNE-EN-1263-1 Redes de Seguridad - Norma Europeia, traduzida para espanhol)

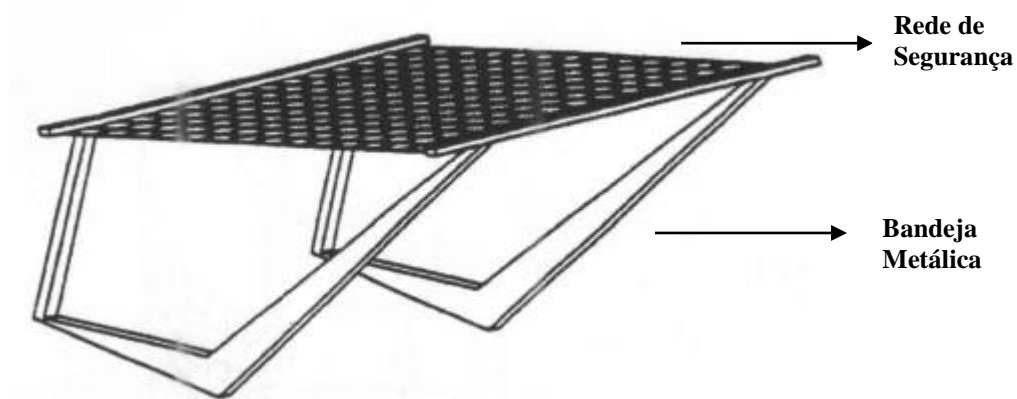
Figura 3 – Sistema S de rede de segurança



(fonte: Site da empresa Disemaq: Disponível em [elleondeorobrasil.com.br/redes-de-seguranca/](http://elleondeorobrasil.com.br/redes-de-seguranca/))

Sistema T: Sistema horizontal contra quedas em altura. Constituído por bandeja metálica que suporta a rede de segurança. A rede se segurança, ao receber o impacto, forma uma bolsa que envolve a massa e amortece sua queda (Figuras 4 e 5).

Figura 4 – Sistema T de rede de segurança



(fonte: UNE-EN-1263-1 Redes de Seguridad - Norma Europeia, traduzida para espanhol)

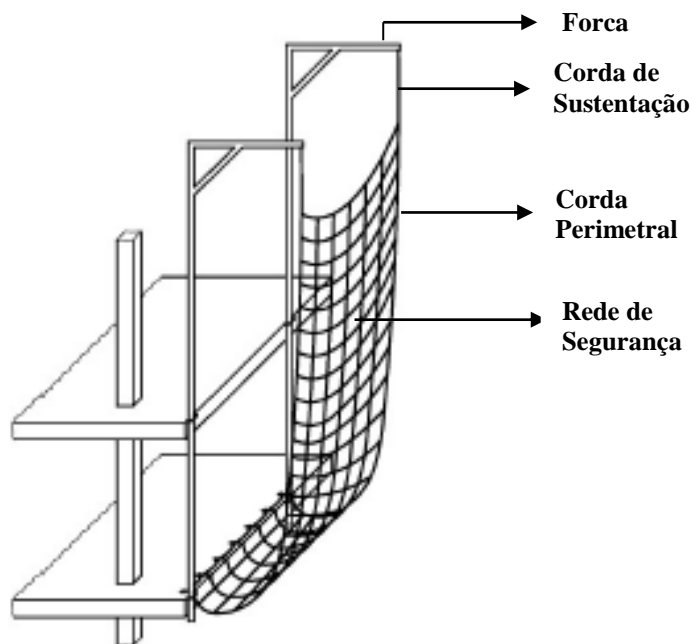
Figura 5 – Sistema T de rede de segurança



(fonte: Site da empresa Disemaq: Disponível em [elleondeorobrasil.com.br/redes-de-seguranca/](http://elleondeorobrasil.com.br/redes-de-seguranca/))

Sistema V: Rede de segurança com corda perimetral, fixada por uma estrutura tipo forca. Instalado durante a execução de estruturas de concreto, servindo como amparo no caso de queda em serviços na borda da edificação (Figuras 6 e 7).

Figura 6 – Sistema V de rede de segurança



(fonte: UNE-EN-1263-1 Redes de Seguridad - Norma Europeia, traduzida para espanhol)

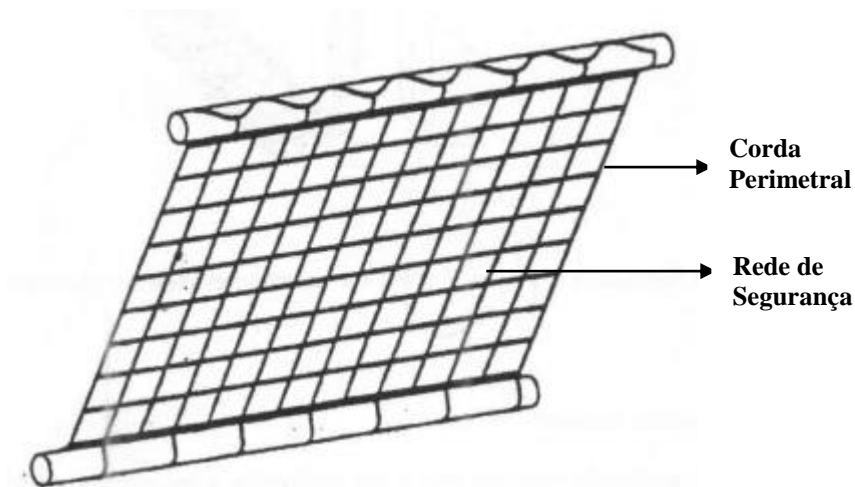
Figura 7 – Sistema V de rede de segurança



(fonte: Site da empresa Disemaq: Disponível em [elleondeorobrasil.com.br/redes-de-seguranca/](http://elleondeorobrasil.com.br/redes-de-seguranca/))

Sistema U: Rede de segurança fixada a uma estrutura de suporte ou a edificação. Utilizada na vertical. Diferentemente dos outros sistemas, esta rede de segurança impede quedas, enquanto as outras apenas amparam (Figuras 8 e 9).

Figura 8 – Sistema U de rede de segurança



(fonte: UNE-EN-1263-1 Redes de Seguridad - Norma Europeia, traduzida para espanhol)

Figura 9 – Sistema U de rede de segurança

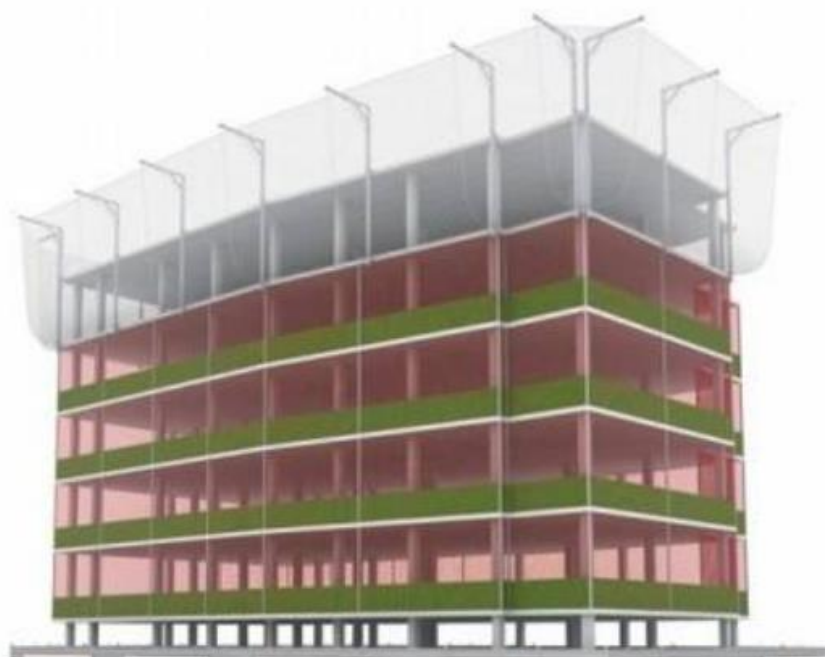


(fonte: Site da empresa Disemaq: Disponível em [elleondeorobrasil.com.br/redes-de-seguranca/](http://elleondeorobrasil.com.br/redes-de-seguranca/))

Dentre os modelos apresentados, o presente trabalho tem seu estudo voltado para os sistemas V e U, que conforme item 18.13.2.1 da NR-18 (2015) são suficientes para eliminar o uso de plataformas secundárias. A plataforma primária ainda é exigida pela norma, porém a próxima revisão tende a vir sem esta obrigação. Estas plataformas, também conhecidas como bandejas, são equipamentos específicos para amparar materiais em queda livre, garantindo a segurança no canteiro e serão mais aprofundadas durante o estudo. Ainda de acordo com esta norma brasileira, no item 18.13.13.21, a construção que optar pela utilização deste sistema

deve providenciar projetos, com detalhamento técnico descritivo de todas as fases (Montagem, deslocamento e desmontagem). A NR-18 (2015) (itens 18.13.12.24 e 18.13.12.26) cita as normas EN-1263-1 e EN-1263-2 quanto às instruções de montagem e também quanto aos critérios de testes para o tipo de rede a ser utilizada. A Figura 10 mostra uma edificação utilizando os sistemas V e U.

Figura 10 – Utilização dos sistemas V e U em conjunto.



(fonte: Disemaq)

### **2.5.1 SISTEMA DE REDE V**

É utilizado para minimizar os efeitos da queda de altura dos trabalhadores, de materiais e de ferramentas. Ele ampara possíveis quedas e é composto por rede de segurança, corda perimetral, malha de ensaio, corda de sustentação, corda de união, ancoragens metálicas, elemento força metálica, conector e rede de proteção contra queda de materiais, sendo que este último, segundo a NR-18 (2015) é facultativo. As especificações dos materiais atendem tanto a norma brasileira, quanto a europeia.

Rede de Proteção: Constituída em uma malha de 60 x 60 mm, fabricada em Poliamida de alta tenacidade ou em Polipropileno de alta tenacidade com proteção a raios ultravioleta.



**Corda Perimétrica:** Corda que delimita a rede de segurança de 16 mm de diâmetro e carga de ruptura de 30kN.

**Malha de Ensaio:** Instalada na rede de segurança para determinação de deterioração pelo envelhecimento. Após vencimento da rede, esta malha de ensaio passa pelo processo de envelhecimento, para revalidação do vencimento e determinação de novo tempo de uso. O sistema possui uma malha a cada rede de proteção.

**Corda de Sustentação:** Corda destinada a fixação da Corda Perimétrica a Forca. Possui 16mm de diâmetro e carga de ruptura 30kN.

**Corda de União:** Corda destinada a união de redes de segurança. Carga de Ruptura: 7,5 kN.

**Elemento Forca:** Estrutura metálica em forma de L que serve de suporte para as Redes de Segurança.

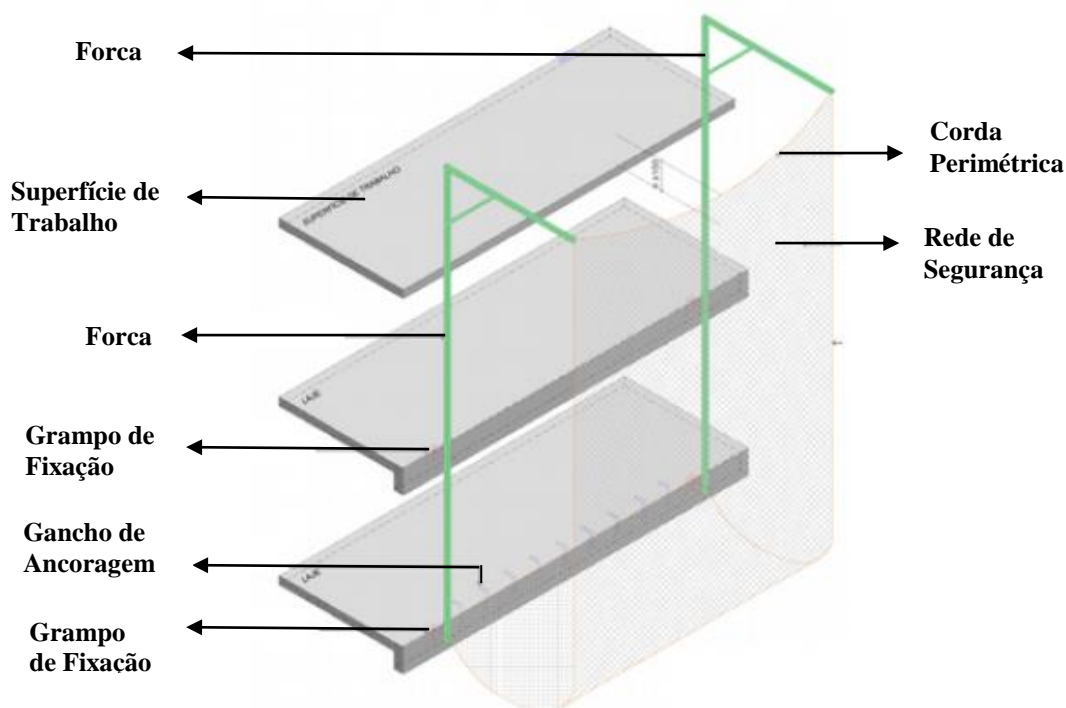
**Grampo de Fixação do Elemento Forca:** Fabricado a partir de vergalhão de aço CA-50 com diâmetro mínimo de 12 mm.

**Gancho de Ancoragem da Rede:** Fabricado a partir de vergalhão aço CA-50 com diâmetro mínimo de 8 mm.

**Conector:** Conector tipo manilha ou malha rápida para fixação da rede ao Gancho de Ancoragem da Rede com resistência mínima de 1,5 kN.

A figura 11 mostra os componentes em conjunto.

Figura 11 – Componentes do sistema V



(fonte: Disemaq)

### 2.5.2 SISTEMA DE REDE U

Também utilizado para garantir a proteção contra queda dos trabalhadores, em etapas anteriores à vedação externa da edificação. É o único sistema de redes que evita quedas. Substitui o segundo jogo de bandeja secundária. Composto por rede de segurança, corda perimetral, corda de união, rede de proteção contra queda de materiais e ancoragens metálicas. Assim como no sistema V é possível a utilização de uma tela de malha menor para retenção de materiais. A figura 12 detalha os componentes deste sistema. As especificações dos materiais atendem as normas brasileiras e europeias.

**Rede de segurança:** Possui largura de três metros e é composta por uma malha de 100 x 100 mm. São fabricadas com fibras de polipropileno de alta densidade com tratamento anti ultravioleta.

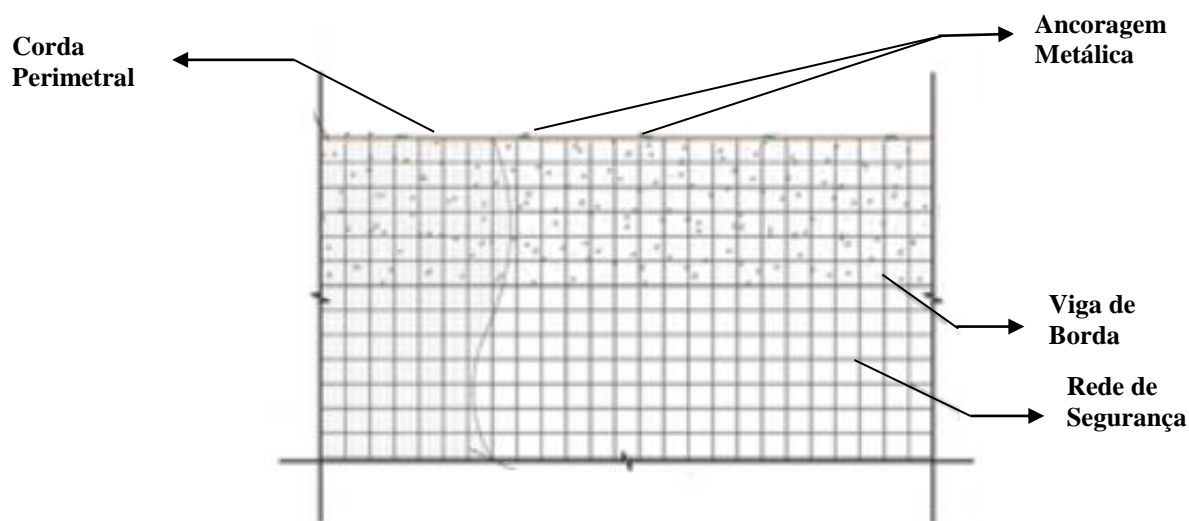
**Corda perimetral:** Serve para distribuir a carga e amarrar as redes aos dispositivos de ancoragem. É costurada na borda da rede e tem diâmetro de 8 mm.

Cordas de união: Fabricadas em poliamida de alta densidade e serve para unir as redes entre si.

Rede de proteção contra queda de materiais: Presa a rede de segurança por intermédio de fitas plásticas, possui malha menor para garantir a retenção de materiais de menor porte.

Ancoragens metálicas: Devem seguir projeto específico, podem ser concretados junto à laje ou colados com epóxi posteriormente.

Figura 12 – Componentes do sistema U



(fonte: Disemaq)

O sistema U é instalado na vertical, se fixando na estrutura do edifício e assim fechando totalmente a periferia da torre.

## 2.6 ANDAIME SUSPENSO

Classificado, pela NBR 6494 (1990), como plataformas necessárias à execução de trabalhos em lugares elevados, onde não possam ser executados em condições de segurança a partir do piso. O andaime suspenso, também conhecido como balancim, normalmente é instalado após a desmobilização do sistema de proteção periférico utilizado. Logo a escolha do EPC influencia diretamente na logística de implantação do balancim, inclusive impacta real necessidade de uso deste equipamento. A figura 13 mostra um exemplo de andaime suspenso.

Figura 13 – Exemplo de andaime suspenso



(fonte: Site da empresa Orguel: Disponível em:  
<https://www.grupoorguel.com.br/equipamentos/andaime/andaime-suspenso-motorizado/>)

Segundo Farias (2007), o andaime suspenso traz algumas características para a produtividade dos serviços em altura: a movimentação e nivelamento da plataforma, sobretudo as manuais, é mais difícil e exige maior esforço dos funcionários; por ter menor mobilidade há riscos de pequenas falhas nos serviços executados em fachada; em dias de chuva, o equipamento que se utiliza de eletricidade, deve ser desligado para maior segurança; é recomendado uso para trabalhos longos na fachada do edifício. Segundo Mossman (2015), a escolha do sistema de andaimes tem grande relevância no planejamento da edificação, pois altera sensivelmente o sequenciamento das atividades.

A NR-18 (2015) salienta que tanto a instalação, quanto a manutenção devem ser realizadas por profissional habilitado, obedecendo as especificações técnicas do fabricante.

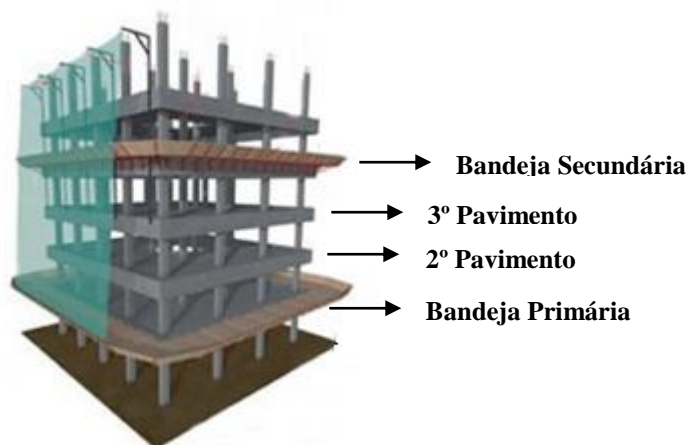
## 2.7 PLATAFORMAS PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA

A Plataforma primária, também conhecida como bandeja primária tem sua instalação obrigatória, segundo item 18.13.6, da NR-18 (2015), em todo perímetro de uma construção

com mais de quatro pavimentos ou altura equivalente. Ela deve ter, no mínimo, 2,50m (dois metros e cinquenta centímetros) de projeção horizontal da face externa da construção e 1 (um) complemento de 0,80m (oitenta centímetros) de extensão, com inclinação de 45° (quarenta e cinco graus), a partir de sua extremidade. Sua instalação deve ocorrer logo após a concretagem da laje na qual vai ser fixada e sua retirada ocorre apenas quando o revestimento externo do prédio, acima dela, estiver concluído.

A NR-18 (2015), no item 18.13.7, indica a instalação de bandeja secundária, em edificações verticais a cada três pavimentos, a partir da bandeja primária. Essas plataformas devem ter, no mínimo, 1,40m (um metro e quarenta centímetros) de balanço e um complemento de 0,80m (oitenta centímetros) de extensão, com inclinação de 45° (quarenta e cinco graus), a partir de sua extremidade. Também tem sua instalação realizada após a concretagem da laje respectiva e sua retirada somente quando a vedação da periferia, dela até a plataforma imediatamente acima, estiver concluída. A figura 14, a seguir, esquematiza uma construção fazendo uso do jogo de bandejas.

Figura 14 – Esquemática do uso de bandejas primária e secundária



(fonte: Site da empresa C3 Equipamentos: Disponível em <https://www.c3equipamentos.com.br/bandeja-de-protecao-secundaria/>)

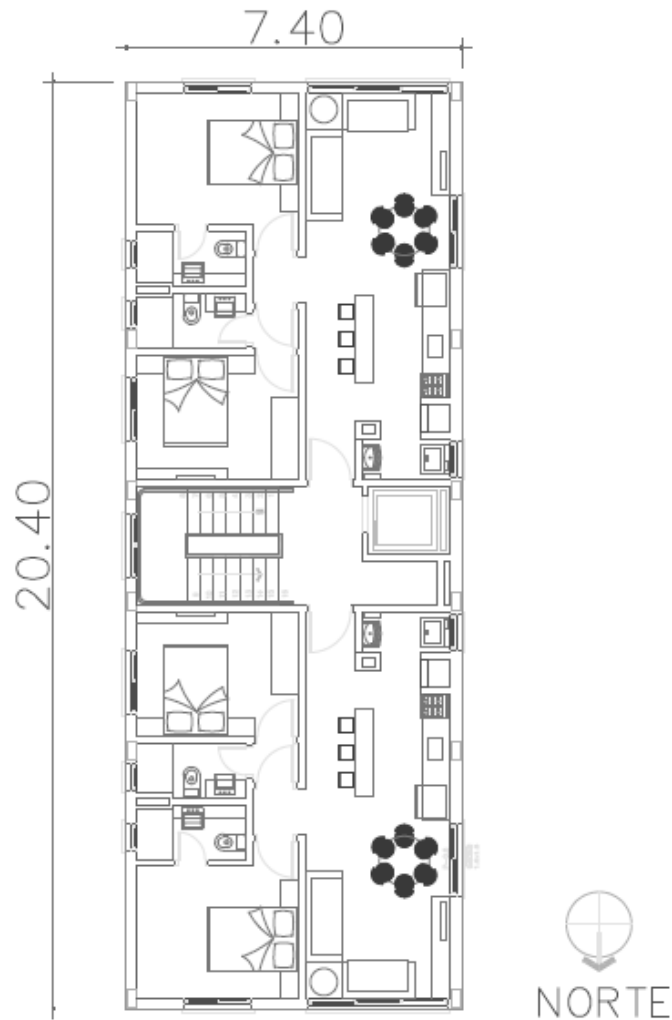
### 3 ESTUDO DE CASO

O método de pesquisa adotado para o presente trabalho foi o estudo de caso. O estudo toma como base uma edificação residencial de dez pavimentos. Dentre os sistemas de proteção periférica disponíveis, foi analisada a diferença orçamentária considerando S.L.Q.A e andaime fachadeiro para esta mesma construção. Para análise no estudo, adotou-se que o cronograma de concretagem cumpre o ritmo de oito dias por pavimento, execução adotada por grandes empresas do estado. Para os cálculos de locação, aplicou-se que o período para realização dos serviços na fachada, considerando revestimento argamassado e pintura, foi de cinco meses, enquanto o intervalo entre o fim da estrutura e o fim das tarefas na fachada foi de treze meses.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

O empreendimento que foi base desse estudo é uma edificação residencial situada no bairro Tristeza, na cidade de Porto Alegre. O edifício é constituído por uma torre residencial com dez pavimentos, sendo um térreo, oito pavimentos tipo com dois apartamentos por andar e uma cobertura. A fachada é revestida em argamassa e pintada. O perímetro da edificação é de 55,60 metros, conforme planta do pavimento tipo, vista na figura 15.

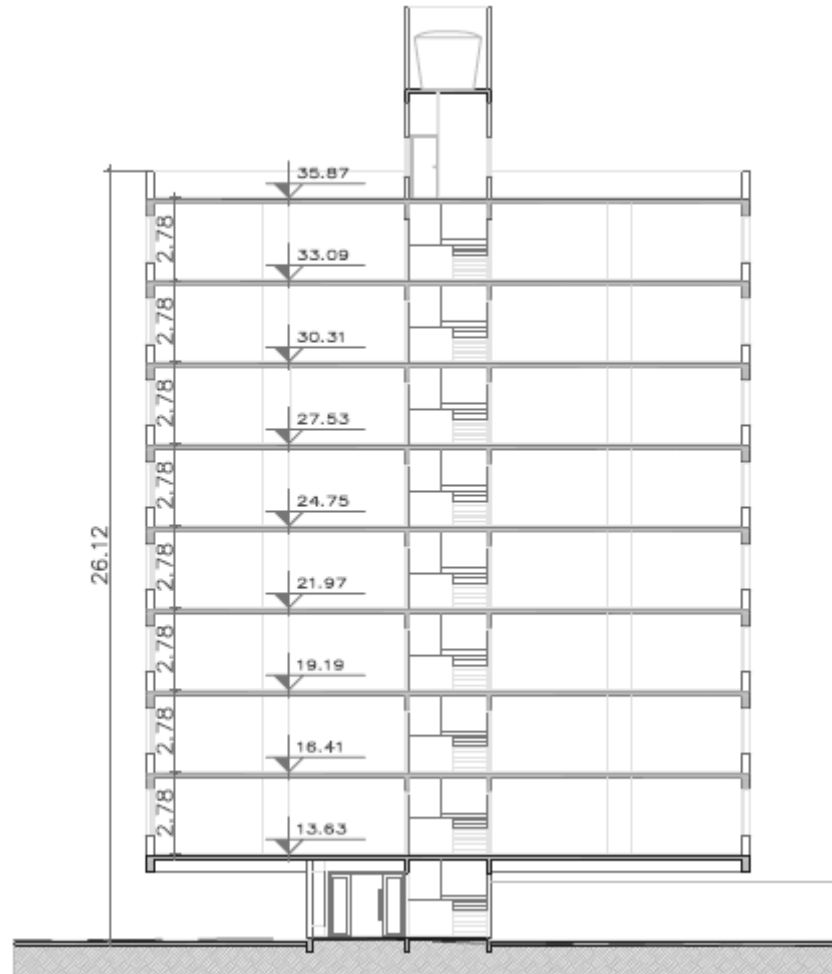
Figura 15 – Planta baixa do empreendimento estudado



(fonte: elaborado pelo autor)

O edifício tem 26,12 metros de altura, do térreo ao topo do guarda-corpo da cobertura, conforme figura 16. A distância entre cada pavimento é de 2,78 metros. Considerando esta altura para o estudo e o perímetro da edificação, a área de fachada é de aproximadamente 1.400 metros quadrados. A escolha deste empreendimento deveu-se ao seu formato retangular, permitindo uma análise mais simples dos itens estudados e uma melhor identificação do resultado final.

Figura 16 – Corte do empreendimento estudado



(fonte: elaborado pelo autor)

### 3.2 METODOLOGIA

Primeiramente foram orçados os sistemas de segurança em si: andaime fachadeiro e o sistema limitador de queda em altura. Para uma comparação efetiva, também foi orçado o necessário para realização do revestimento externo, pois ao usar o primeiro sistema, o valor do serviço de revestimento reduz. Ao final do trabalho, foram comparados os valores orçados para os sistemas de segurança somados aos respectivos complementos necessários.



### 3.2.1 ANDAIME FACHADEIRO

O andaime fachadeiro possibilita, logo após a finalização da sua montagem, a execução de serviços na fachada. Ele traz a vantagem de mesclar segurança e a possibilidade de execução de serviços, pois não necessita de equipamentos complementares para acessar a fachada.

A análise orçamentária do andaime fachadeiro teve como base uma entrevista com empresa especializada. A partir dos dados extraídos desta entrevista foi desenvolvido um cronograma de uso deste equipamento para a edificação em análise.

O orçamento para utilização do andaime leva em conta três fatores: montagem, desmontagem e locação dos módulos (conjunto de todas as peças citadas anteriormente). Todos os fatores são considerados em metros quadrados, observando a fachada da edificação. A locação também considera o tempo que os módulos serão utilizados.

O valor da montagem e desmontagem não se modifica com o tempo, portanto são custos fixos que dependem apenas da área necessitada de proteção. Segundo a empresa entrevistada os preços unitários para os serviços de montagem e desmontagem são R\$ 20,00/m<sup>2</sup> e R\$ 15,00/m<sup>2</sup> respectivamente.

Cada módulo alugado possui dois metros de altura, e seu valor varia conforme sua complexidade. Neste estudo, foi utilizado o valor de R\$ 9,00/m<sup>2</sup> passado pela empresa como valor médio de locação, considerando diferentes preços para diferentes modulações que ela possui. Supondo o uso deste equipamento, o aluguel seria realizado em partes, de acordo com o cronograma de concretagem da obra. Para cada pavimento concretado, um novo pedido de módulos teria que ser feito, de maneira a atender as exigências normativas para garantir a segurança, que exigem guarda corpo mínimo de 1,20 metro acima do piso. A desmontagem realizaria-se ao fim do processo de revestimento externo e em partes, de maneira a se ter o melhor uso e o menor custo.

Para cada pedido realizado, é somado um valor de frete, que custa R\$ 750,00 por carga. Cada carga comporta 600 metros quadrados de andaimes.

Para melhor entendimento do uso dos andaimes fachadeiros, foi elaborada a tabela 1. A tabela apresenta a quantidade necessária de andaimes por fachada da edificação. Conforme dito anteriormente o edifício possui 26,12 metros de altura de fachada. Como cada módulo possui 2 metros de altura, e é exigido por norma que o guarda corpo tenha no mínimo 1,20 metro acima do piso de trabalho, para cobertura de toda altura são necessários 14 módulos dispostos verticalmente, totalizando 28 metros do piso. A quantidade utilizada de andaimes por fachada é calculada pela multiplicação do perímetro de cada fachada pela altura total dos módulos.

Tabela 1: Quantidade utilizada de andaime fachadeiro por fachada

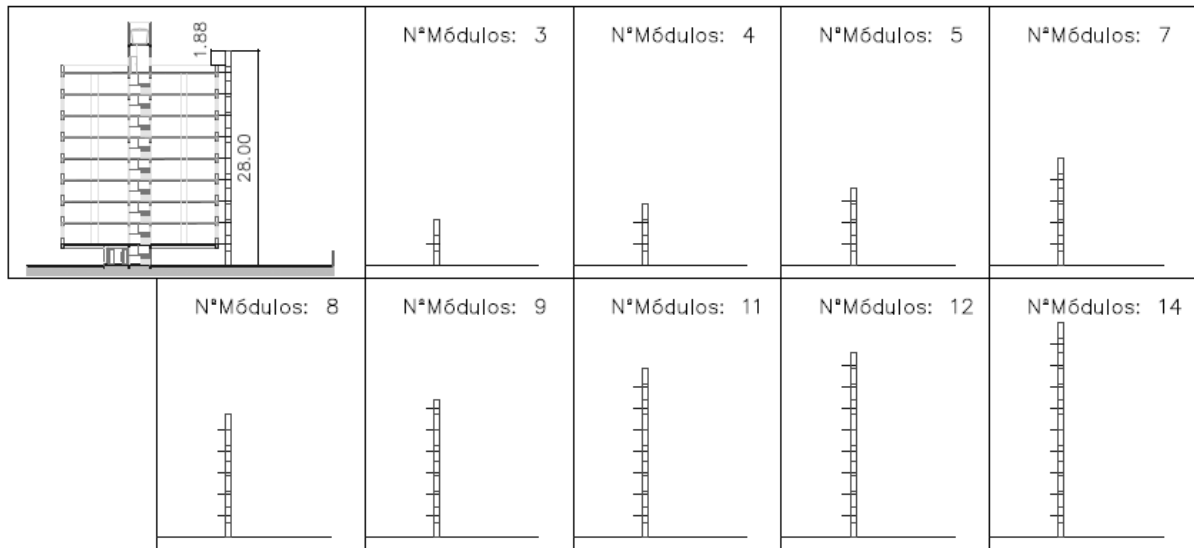
Fachada/Andaime	Perímetro (m)	Altura (m)	Quantidade utilizada de andaime (m <sup>2</sup> )
Norte	7,40	28,00	207,20
Oeste	20,40		571,20
Sul	7,40		207,20
Leste	20,40		571,20
		Total	1.556,80

(fonte: elaborada pelo autor)

A quantidade de andaimes calculados totalizou o valor de 1.556,80 metros quadrados. Este número foi utilizado no cálculo da montagem e desmontagem do equipamento.

A montagem do andaime inicia junto com a concretagem da estrutura, visando a segurança da periferia no momento da concretagem de novos pavimentos. O equipamento mantém-se na obra, comumente desde o início do serviço de supra estrutura até a conclusão da limpeza de fachada, após finalizar o revestimento externo. Vale ressaltar que a quantidade de módulos alugados modifica-se inicialmente com o tempo, pois depende da quantidade de pavimentos concretados. Para analisar este aumento de módulos alugados foi utilizado o software AutoCad, onde foi elaborado um esquema da quantidade mínima de andaime necessária para realização de cada pavimento, mantendo o 1,20 m requerido pela norma. Neste programa, foi desenhada, junto ao corte dos pisos, a altura mínima que o andaime Fachadeiro deveria ter, conforme figura ilustrativa 17.

Figura 17 – Esquematização de número mínimo de módulos a serem locados



(fonte: elaborado pelo autor)

Com o valor computado do número mínimo de módulos, se calculou a quantidade utilizada de andaimes a cada novo pavimento concretado e o total que a obra terá locado ao final da concretagem, conforme tabela 2. Para obtenção da quantidade utilizada de andaimes a cada pavimento concretado, foi multiplicada a altura total de andaimes por pavimento, considerando que cada um possui dois metros, pelo perímetro da edificação. A coluna final contempla a quantidade acumulada de andaime locado ao se concretar o pavimento correspondente.

Tabela 2: Quantidade utilizada de andaime fachadeiro a cada pavimento concretado

Pavimento Concretado	Nível do Piso (m)	Distância entre pisos (m)	Nº Módulos	Diferença de módulos a cada pavimento	Altura de cada módulo (m)	Altura de andaime (m)	Perímetro da edificação (m)	Quantidade acumulada de andaime (m <sup>2</sup> )
2º pavto	2,93	2,78	3,00	1,00	2,00	6,00	55,60	333,60
3º pavto	5,71	2,78	4,00	1,00		8,00		444,80
4º pavto	8,49	2,78	5,00	2,00		10,00		556,00
5º pavto	11,27	2,78	7,00	1,00		14,00		778,40
6º pavto	14,05	2,78	8,00	1,00		16,00		889,60
7º pavto	16,83	2,78	9,00	2,00		18,00		1.000,80
8º pavto	19,61	2,78	11,00	1,00		22,00		1.223,20
9º pavto	22,39	2,78	12,00	2,00		24,00		1.334,40
Cobertura	25,17	2,78	14,00	0,00		28,00		1.556,80
							Total	1.556,80

(fonte: elaborado pelo autor)

Nota-se que, conforme esperado, a cada nova concretagem, mais andaimes são necessários e é sobre estes valores que o aluguel é cobrado. O valor de locação também é composto pelo tempo onde todo equipamento permanece na obra, que vai do fim da concretagem à conclusão das atividades nas fachadas.

### **3.2.2 SISTEMA LIMITADOR DE QUEDA EM ALTURA**

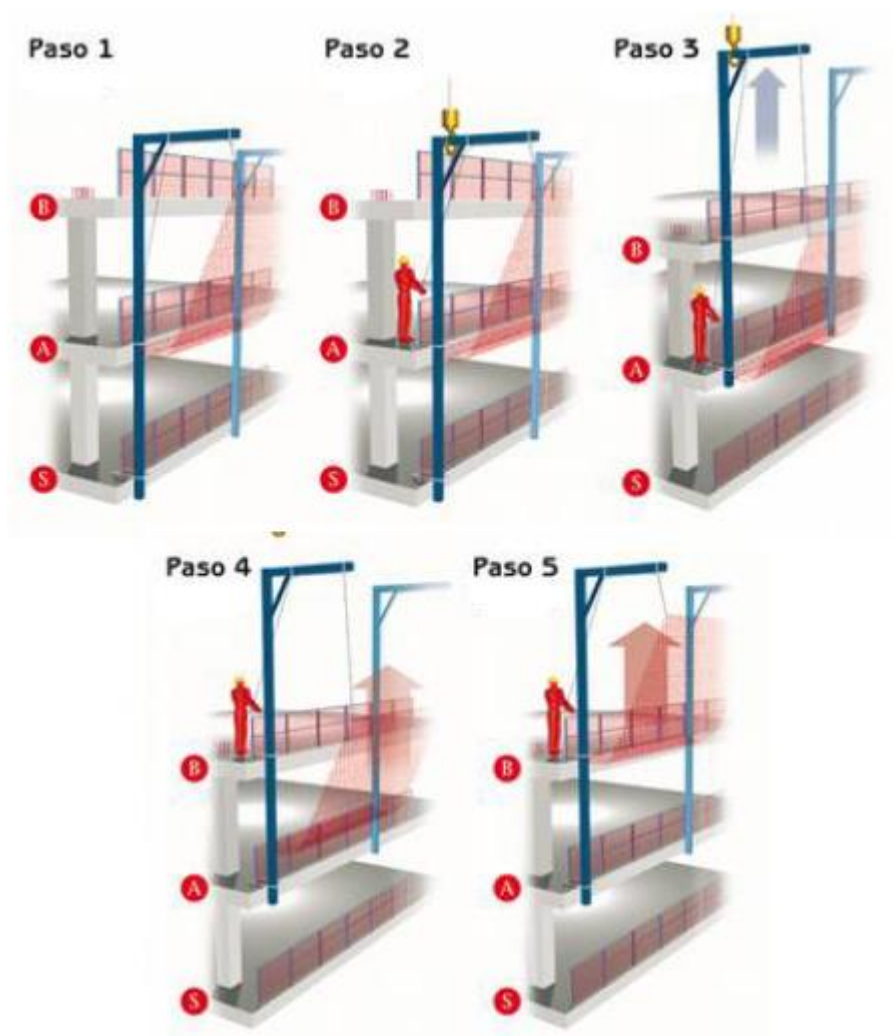
A análise orçamentária tem como base entrevista em empresa especializada, que importa a rede da Espanha e revende no Brasil. A empresa segue as normas antes citadas e faz ensaios conjuntos de rede e força (onde a rede é presa), para comprovar sua eficiência. Todos os valores unitários utilizados nos cálculos desta estrutura foram passados nesta entrevista.

Assim como na análise do andaime fachadeiro, o foco do estudo não é a avaliação individual de cada peça que compõe o sistema, mas sim do conjunto, tanto para a Rede V, quanto para a Rede U. Os valores embutidos em ambos os sistemas incluem a compra do material e a mão de obra necessária para a instalação.

#### ***3.2.2.1 SISTEMA DE REDE V***

As redes V possuem ou quinze ou cinco metros de comprimento, por sete metros de largura, mas para orçar-se leva-se em consideração o perímetro onde a rede será instalada. Leva-se em conta a quantidade de forcas também. As forcas devem manter uma distância entre suas cabeças de no máximo cinco metros, e caso sejam necessárias forcas a mais, cada uma tem o valor de R\$ 1.190,00. O preço unitário de compra por metro linear é de R\$ 790,00. Quanto à mão de obra, a utilização desta rede engloba três serviços: montagem, desmontagem e ascensão, com os valores unitários de R\$ 40,00, R\$30,00 e R\$ 23,00, respectivamente. A ascensão é a elevação do sistema junto com a edificação, de acordo com a concretagem das lajes, como pode ser visto na figura 18.

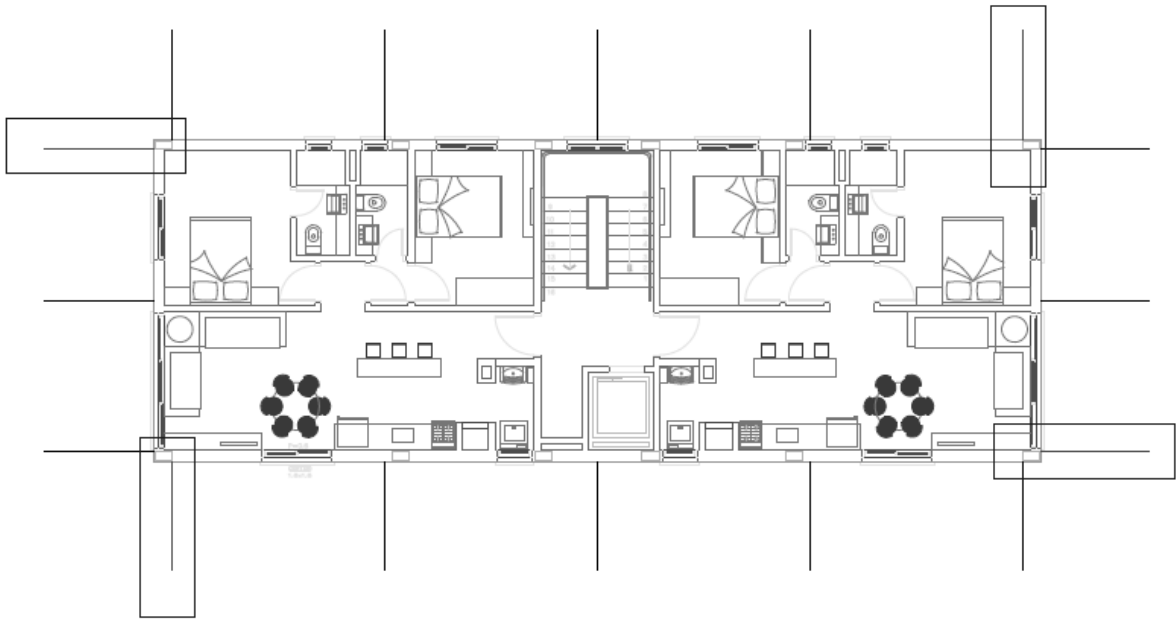
Figura 18 – Esquemática da ascensão da rede V.



(fonte: Disemaq)

Foi elaborada a tabela 3, para realização do levantamento da Rede V. Conforme explicado anteriormente, o levantamento levou em consideração o perímetro do edifício, e a quantidade de forcas extras. Primeiramente foi apurada a quantidade de forcas a mais que o padrão que seriam consideradas no cálculo. Chegou-se ao número de quatro, conforme figura 19, onde as peças adicionais estão assinaladas.

Figura 19 – Esquematização de número de forcas necessárias.



(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 3: Valores levantados para uso da Rede V

REDE V			
Perímetro (m)	Repetições	Total (m)	Forças adicionais
55,60	1,00	55,60	4,00

(fonte: elaborado pelo autor)

Para esta rede, também existe um custo de sua ascensão para cada novo pavimento concretado. A montagem deste sistema inicia no terceiro pavimento e como a edificação possui 10 pavimentos, com a cobertura, serão realizados para esta obra a quantidade de sete ascensões. Outro valor associado a rede V, é o valor do teste de revalidação, que se aprovado, possibilita o reuso da rede. O preço de cada teste é de R\$ 50,00 por malha de teste e é realizado uma vez ao ano. Cada rede de segurança possui uma destas malhas. Pelo valor do perímetro, e pela largura de sete metros da rede, se chegou ao valor de oito malhas de teste.

### 3.2.2.2 SISTEMA DE REDE U

Cada unidade de rede possui as medidas de cinco ou dez metros de largura por 2,8 metros de altura. Esta última medida visa atendimento do pé-direito da maioria das construções. Para fins de cálculos, adota-se que a rede possua cinco metros. O preço também é calculado pelo perímetro, logo é dado em metros lineares, onde a rede será instalada e a quantidade de pavimentos. O preço unitário médio de compra por metro linear é de R\$ 39,00. A mão de obra é aplicada apenas na montagem, com o preço unitário de R\$ 17,00 por metro linear. A desmontagem não é considerada, pois o trabalho envolvido na realização deste é apenas o corte do material de sacrifício para retirada da rede, que pode ser realizado pela empresa responsável pelo serviço de fachada, sem custo. A rede U, diferentemente da rede V, não possui valor para ascensão, pois cada pavimento possui seu sistema, não sendo reutilizado em outro.

Para inventariação da quantidade a ser orçada da rede U foi desenvolvida a tabela 4, em que se considera o diferencial em relação à rede V que é o fato de cada pavimento possuir seu equipamento de proteção. A montagem da rede inicia no segundo pavimento, totalizando oito pavimentos protegidos contra quedas. O total de rede U a ser utilizada na construção é calculado pela multiplicação do perímetro da edificação pelo número de andares em que ela se aplica.

Tabela 4: Valores levantados para uso da Rede U

REDE U		
Perímetro (m)	Repetições	Total (m)
55,60	8,00	444,80

(fonte: elaborado pelo autor)

Este sistema também possui associada a ele o custo para revalidação, que continua sendo de R\$ 50,00 por malha de teste. Considerando que a rede possua cinco metros de largura e que o perímetro onde ela será instalada é de 55,60 metros, com oito repetições, se calculou que para rede U o número de malhas de teste é de doze no total.

### 3.2.2.3 PLATAFORMA PRIMÁRIA

Conforme dito anteriormente, o uso da bandeja primária ainda se faz necessária ao usar-se este sistema. Este equipamento é levantado por metro linear, assim como as redes. Como será colocado apenas em um pavimento, chegou-se ao valor de 55,60 metros de bandeja. A bandeja secundária não é necessária quando se tem este sistema implantado.

### 3.2.2.4 ANDAIME SUSPENSO

A diferença entre o serviço interno e externo é a altura associada. Com o andaime fachadeiro, não se necessita nenhum outro equipamento, porém ao ser a rede de proteção o método escolhido, se faz necessário outro equipamento para realização dos serviços externos. Este equipamento é o andaime suspenso, também conhecido como balancim, citado na NR-18 (2015), como adequado para realização de serviços em altura de maneira segura.

O uso deste andaime vem após a desmobilização do sistema de proteção periférico utilizado. A solução construtiva que se utiliza do EPC mais balancim, influencia diretamente nos serviços a serem realizados na fachada.

Para este estudo foi orçada a utilização de andaime suspenso elétrico, que ao final do cálculo do orçamento, teve seu valor somado ao segundo EPC citado no trabalho para comparação final ao primeiro. Cada equipamento tem em média o valor de R\$ 850,00 por unidade por mês, mais o valor de montagem e desmontagem.

Para execução do revestimento externo da torre, é analisada a opção de instalação de andaime suspenso em todo perímetro da construção. O perímetro permite a colocação de 12 andaimes. Não é necessária a locação simultânea de todos os andaimes, pois o revestimento é feito por fachada. A quantidade de balancins por fachada está especificada na tabela 5.



Tabela 5: Quantidade e especificações dos balancins por fachada

Fachada/Andaime	Quantidade de Balancins	Especificações
Norte	2,00	(2) Elétrico de 3,5m de comprimento
Oeste	4,00	(2) Elétrico de 6,0m de comprimento (2) Elétrico de 3,5m de comprimento
Sul	2,00	(2) Elétrico de 3,5m de comprimento
Leste	4,00	(2) Elétrico de 6,0m de comprimento (2) Elétrico de 3,5m de comprimento

(fonte: elaborado pelo autor)

Os andaimes são instalados após execução do encunhamento interno e permanecem na obra até finalização completa do revestimento. O tempo de uso dos andaimes, no estudo, foi de cinco meses, somado à isso o tempo de montagem e desmontagem, totalizou-se seis meses. Devido às suas menores proporções, as fachadas Norte e Sul levaram um mês cada, enquanto as Oeste e Leste levaram o dobro do tempo. Cada fachada utilizou a quantidade de balancins citada na tabela 5.

### 3.3 RESULTADOS

Com os dados levantados anteriormente, referentes às dimensões e aos valores unitários, se buscou chegar aos resultados para cada opção de sistema para posterior comparação e exposição de qual deles apresenta menor custo. Sempre considerando que ambos atendem de maneira positiva a segurança do trabalhador.

#### 3.3.1 OPÇÃO DO ANDAIME FACHADEIRO

A montagem e a desmontagem dependem apenas da área total contemplada pelos andaimes, totalizada em 1.556,80 metros quadrados. Demonstra-se na tabela 6 o valor total para estes serviços, calculado pela multiplicação da quantidade total de andaimes pelos seus

preços unitários. Vale salientar que a montagem e desmontagem são realizadas por profissionais habilitados, enviados pela contratada.

Tabela 6: Valor orçado para montagem e desmontagem do andaime fachadeiro

Serviço	Quantidade utilizada de andaime (m <sup>2</sup> )	Valor unitário (R\$)	Orçamento (R\$)
Montagem	1.556,80	R\$ 20,00	R\$ 31.136,00
Desmontagem		R\$ 15,00	R\$ 23.352,00

(fonte: elaborado pelo autor)

Foi realizada uma comparação para chegar-se a melhor alternativa quanto aos valores envolvendo frete e aluguel. Na primeira alternativa o frete é realizado conforme necessidade da construção, de maneira que só fica no canteiro de obra o equipamento que já será utilizado durante a concretagem. Nesta escolha, mais fretes são realizados, porém os andaimes ficam menos tempo locados. Na segunda alternativa o frete é realizado conforme carga máxima de transporte, 600 metros quadrados de andaime. Nesta escolha, ocorre o oposto, se realizam menos fretes, porém os andaimes acabam ficando certo tempo sem utilização, com a locação já decorrendo. **Abaixo**, na tabela 7, se pode visualizar o cálculo comparativo entre as opções.

Tabela 7: Comparação entre duas alternativas envolvendo locação e frete de andaime Fachadeiro

Pavimento concretado	Duração (Dia)	Duração (Mês)	Quantidade acumulada de andaime (m <sup>2</sup> )	Valor unitário (R\$/frete)	Valor unitário (R\$/m <sup>2</sup> *mês)
2º pavto	8	0,27	333,60	R\$ 750,00	R\$ 9,00
3º pavto	8	0,27	444,80		
4º pavto	8	0,27	556,00		
5º pavto	8	0,27	778,40		
6º pavto	8	0,27	889,60		
7º pavto	8	0,27	1.000,80		
8º pavto	8	0,27	1.223,20		
9º pavto	8	0,27	1.334,40		
Cobertura	8	0,27	1.556,80		

1ª Alternativa							
Pavimento concretado	Fretes necessários	Valor unitário (R\$/frete)	Valor frete (R\$)	Quantidade acumulada (m <sup>2</sup> )	Meses locados	Valor unitário (R\$/m <sup>2</sup> *mês)	Valor locação (R\$)
2º pavto	1,00	R\$ 750,00	R\$ 6.750,00	333,60	0,27	R\$ 9,00	R\$ 800,64
3º pavto	1,00			444,80	0,27		R\$ 1.067,52
4º pavto	1,00			556,00	0,27		R\$ 1.334,40
5º pavto	1,00			778,40	0,27		R\$ 1.868,16
6º pavto	1,00			889,60	0,27		R\$ 2.135,04
7º pavto	1,00			1.000,80	0,27		R\$ 2.401,92
8º pavto	1,00			1.223,20	0,27		R\$ 2.935,68
9º pavto	1,00			1.334,40	0,27		R\$ 3.202,56
Cobertura	1,00			1.556,80	0,27		R\$ 3.736,32
<b>Total frete:</b>	<b>9,00</b>						
<b>Total 1ª Alternativa:</b>							<b>R\$ 26.232,24</b>

2ª Alternativa									
Pavimento concretado	Fretes necessários	Valor unitário (R\$/frete)	Valor frete (R\$)	Quantidade acumulada (m <sup>2</sup> )	Meses locados	Valor unitário (R\$/m <sup>2</sup> *mês)	Valor locação (R\$)		
2º pavto	1,00	R\$ 750,00	R\$ 2.250,00	556,00	0,8	R\$ 9,00	R\$ 4.003,20		
3º pavto									
4º pavto									
5º pavto	1,00			1.000,80	0,8		R\$ 7.205,76		
6º pavto									
7º pavto									
8º pavto	1,00			1.556,80	0,8		R\$ 11.208,96		
9º pavto									
Cobertura									
<b>Total frete:</b>	<b>3,00</b>								<b>Total locação:</b>
<b>Total 2ª Alternativa:</b>							<b>R\$ 24.667,92</b>		

(fonte: elaborado pelo autor)

A duração da concretagem de cada pavimento é de oito dias, que equivalem a 0,27 mês. O valor da quantidade acumulada de andaimes a cada pavimento foi calculado na tabela 2.

Na alternativa 1, o frete é realizado conforme necessidade, ou seja, a cada nova elevação da estrutura. No caso da obra analisada, um frete a cada pavimento é suficiente para suprir a quantidade de andaimes necessários por concretagem, pois em todos os casos, o

número de andaimes é menor que a capacidade máxima do caminhão, totalizando assim nove fretes. A quantidade de nove fretes, com o preço unitário de R\$ 750,00 totaliza o valor de R\$ 6.750,00. Para o cálculo de locação, nesta alternativa, se analisa quantos meses cada quantidade de andaimes, permanece na obra. Neste cálculo, se usa o valor de quantidade acumulada, pois a cada novo frete, a quantidade de módulos é acrescida ao montante já previamente usado nos pavimentos anteriores. Ao número de andaimes, multiplica-se o tempo de locação, para todos os casos o tempo é de 0,27 mês, pois é o tempo que o montante acumulado é locado antes da quantia da nova fração. Com o preço unitário de R\$ 9,00, o valor de locação fica em R\$ 19.482,24. O orçamento final para a primeira alternativa totaliza R\$ 26.232,24.

Na alternativa 2, o frete é realizado pela carga máxima. A quantidade necessária de fretes é calculada pela divisão do total de andaimes pela capacidade do caminhão, se obtendo o total de três fretes. A quantidade de três fretes, com o preço unitário de R\$ 750,00 totaliza o valor de R\$ 2.250,00. Para a locação, o valor de andaimes utilizado no cálculo é o valor acumulado da quantidade trazida pelo frete, no caso o valor acumulado com três pavimentos a mais por vez. A este valor se multiplica o tempo de locação, que é o tempo de duração da concretagem destes três pavimentos, totalizando 0,8 mês para todos os casos. Com o preço unitário de R\$ 9,00, o valor de locação fica em R\$ 22.417,92. O orçamento final para a segunda alternativa totaliza R\$ 24.667,92.

A alternativa 1, apesar de apresentar maior custo, tem a vantagem do não armazenamento do equipamento no canteiro, o que é melhor para logística e evita avarias ao material. Porém a alternativa escolhida para o trabalho é a segunda, pois apresenta um menor custo.

O restante do aluguel, isto é do fim da concretagem até a desmontagem do equipamento, é calculado levando-se em conta a quantidade total do equipamento, multiplicando este valor pelo preço unitário da locação e pelo tempo necessário de aluguel, conforme tabela 8.

Tabela 8: Valor orçado para locação do andaime fachadeiro

Serviço	Quantidade utilizada de andaime (m <sup>2</sup> )	Valor unitário (R\$)	Mês	Orçamento (R\$)
Locação	1.556,80	R\$ 9,00	13,00	R\$ 182.145,60

(fonte: elaborado pelo autor)

A tabela 9 apresenta um resumo orçamentário. O uso deste equipamento de proteção durante a construção desta edificação atinge o valor de R\$ 263.551,52. Ao valor do frete também se soma o frete de devolução do equipamento, considerado neste caso pelo valor mais baixo, R\$ 2.250,00 da 2ª alternativa. No valor do orçamento da locação estão contemplados os valores calculados nas tabelas 7 e 8.

Tabela 9: Valor total orçado para uso do andaime fachadeiro

Serviço	Valor unitário (R\$)	Orçamento (R\$)
Locação	R\$ 9,00	R\$ 204.563,52
Montagem	R\$ 20,00	R\$ 31.136,00
Desmontagem	R\$ 15,00	R\$ 23.352,00
Frete	R\$ 750,00	R\$ 4.500,00
<b>Total</b>		R\$ 263.551,52

(fonte: elaborado pelo autor)

### 3.3.2 OPÇÃO DO SISTEMA LIMITADOR DE QUEDA EM ALTURA

Para realização do orçamento para compra e mão de obra relacionadas a este sistema, foram desenvolvidas as tabelas 10 e 11, que contemplam as quantidades levantadas no item anterior, assim como os valores unitários também já citados, para cada sistema estudado.

Tabela 10: Valor total orçado para uso da Rede V

<b>Rede V</b>				
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Compra Rede	m	55,60	790,00	43.924,00
Forças adicionais	unidade	4,00	1.190,00	4.760,00
Mão de Obra: Montagem	m	55,60	40,00	2.224,00
Mão de Obra: Ascensão	unidade	7,00	1.278,80	8.951,60
Mão de Obra: Desmontagem	m	55,60	30,00	1.668,00
Revalidação de Rede	unidade	8,00	50,00	400,00
<b>Total</b>				<b>61.927,60</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

Para preço unitário da ascensão foi calculado que cada metro custa R\$ 23,00 e a edificação possui 55,60 metros de perímetro, logo cada ascensão possui o preço unitário de R\$ 1.278,80.

Tabela 11: Valor total orçado para uso da Rede U

<b>Rede U</b>				
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Compra Rede	m	444,80	39,00	17.347,20
Mão de Obra: Montagem	m	444,80	17,00	7.561,60
Mão de Obra: Desmontagem	m	444,80	0,00	0,00
Revalidação de Rede	unid	96,00	50,00	4.800,00
<b>Total</b>				<b>29.708,80</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

A bandeja primária, com todos seus componentes custa aproximadamente R\$ 370,00. Para o perímetro analisado, ela foi orçada em R\$ 20.572,00.

Para cálculo de orçamento do andaime suspenso, foi desenvolvida a tabela 12, que demonstra o tempo de locação multiplicado pelo preço unitário de equipamento, somado ao valor de montagem e desmontagem. O total obtido foi de R\$ 19.960,00.

Tabela 12: Valor total orçado para uso do andaime suspenso

Fachada/Andaime	Quantidade de Balancins	Especificações	Tempo de locação (mês)	Preço Unitário	Custo Montagem e Demontagem	Custo Total
Norte	2,00	(2) Elétrico de 3,5m de comprimento	1,00	R\$ 850,00	R\$ 740,00	R\$ 2.440,00
Oeste	4,00	(2) Elétrico de 6,0m de comprimento (2) Elétrico de 3,5m de comprimento	2,00	R\$ 850,00	R\$ 740,00	R\$ 7.540,00
Sul	2,00	(2) Elétrico de 3,5m de comprimento	1,00	R\$ 850,00	R\$ 740,00	R\$ 2.440,00
Leste	4,00	(2) Elétrico de 6,0m de comprimento (2) Elétrico de 3,5m de comprimento	2,00	R\$ 850,00	R\$ 740,00	R\$ 7.540,00
<b>Total</b>						R\$ 19.960,00

(fonte: elaborado pelo autor)

O valor final de orçamento, com implantação do S.L.Q.A, ou seja, a soma dos valores parciais citados ficou em R\$ 127.305,20 conforme tabela resumo 13.

Tabela 13: Valor total orçado para implantação do S.L.Q.A

Equipamento	Orçamento
Sistema Rede V	R\$ 61.927,60
Sistema Rede U	R\$ 29.708,80
Plataforma Primária	R\$ 20.908,80
Andaime Suspenso	R\$ 19.960,00
<b>Total</b>	R\$ 132.505,20

(fonte: elaborado pelo autor)

### 3.3.3 COMPARATIVO ENTRE OPÇÕES

Após estudo das duas opções, foi possível desenvolver um comparativo entre os sistemas. Neste comparativo não é levado em conta somente os orçamentos, mas também outros fatores que justifiquem a contratação destes equipamentos de proteção. Também são considerados os pontos positivos e negativos do andaime suspenso, equipamento que complementa o S.L.Q.A neste estudo.

Emergem como vantagens do andaime fachadeiro o rápido acesso a fachada para serviços externos logo ao final da concretagem, pois o equipamento utilizado é o mesmo que já está instalado; o acesso ao trabalhador sem ser por suspensão, proporcionando maior sensação de segurança; boas condições de trabalho para os serviços de fachada, proporcionando melhores resultados.

Todavia, as desvantagens do andaime fachadeiro são: seu custo mais alto, associado principalmente a locação, necessidade de um planejamento mais apurado, a fim de se evitar que fique locado por mais tempo; e montagem mais demorada.

As vantagens do S.L.Q.A levando-se em consideração o andaime suspenso são que mesmo somando os dois equipamentos, o custo é mais baixo que o do andaime fachadeiro; tanto as redes, quanto o andaime suspenso são mais versáteis a diferentes fachadas; além disso as redes são compradas, podendo ser reutilizadas em obras futuras, fator que proporciona a geração de uma economia maior para a construtora.

As desvantagens do S.L.Q.A somado ao andaime suspenso: Sistema de segurança não pode ser utilizado também para realização de serviços externos, como o andaime fachadeiro; os andaimes suspensos são mais sujeitos às intempéries, diminuindo a produtividade e atrasando cronogramas, além de passar uma sensação de insegurança ao trabalhador. Adicionalmente o sistema limitador de queda em altura requer uma desmobilização enquanto o andaime suspenso necessita da montagem do equipamento ao se iniciar os serviços externos, esse tempo causa um aumento no cronograma.

Abaixo, na tabela 14, são ilustradas e resumidas as vantagens e desvantagens destes equipamentos.

Tabela 14: Quadro resumo de vantagens e desvantagens dos sistemas

<b>Quadro resumo - Vantagens e Desvantagens</b>		
<b>Sistema</b>	<b>Andaime Fachadeiro</b>	<b>S.L.Q.A + And. Suspenso</b>
<b>Vantagens</b>	-Acesso rápido a fachada após termino da concretagem; -Produtividade dos serviços externos maior; -Menos impactado por intempéries; -Maior sensação de segurança que o andaime suspenso.	-Menor custo; -Versatilidade na fachada, tanto das redes quanto dos andaimes; -Redes são compradas, podendo ser reutilizadas em outra obra.
<b>Desvantagens</b>	-Maior custo (principalmente devido a locação); -Requer maior planejamento, erros de planejamento podem aumentar custo; -Montagem demorada; -Manutenção elevada.	-O S.L.Q.A deve ser complementado para realização de serviços externos; -Andaimes suspensos são mais sensíveis às intempéries; -Andaimes suspensos passam menor sensação de segurança que o fachadeiro.

(fonte: elaborado pelo autor)



## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar, por meio de comparação, qual sistema de proteção coletiva, andaime fachadeiro ou sistema limitador de queda em altura, apresenta menor custo em uma edificação específica, com cronograma pré-estabelecido. A decisão por qual sistema de proteção periférico a ser utilizado passa por diversos fatores, sendo o valor orçamentário apenas um deles. De acordo com as características da obra, o orçamento pode apresentar resultados distintos, por isso é muito importante uma análise prévia bem planejada.

Considerando apenas os sistemas de proteção coletiva, já nota-se uma diferença considerável entre os valores orçados. Enquanto o S.L.Q.A gerou um orçamento de R\$ 112.545,20, a locação de andaimes fachadeiros chegou ao valor orçado de R\$ 263.551,52, uma quantia maior que o dobro da primeira.

Quando analisado que não se trata apenas de um sistema de proteção, mas de um planejamento para a obra, observou-se que a utilização dos andaimes proporcionou uma economia em função dos serviços aplicados nas fachadas. Percebeu-se, porém, que esta economia não foi suficiente para competir com o orçamento do S.L.Q.A. Mesmo ao somar-se o valor orçado para o sistema de redes com o valor levantado para andaimes suspensos, chegou-se a um valor ainda muito inferior ao dos andaimes fachadeiros. A soma resultou no valor de R\$ 132.505,20, praticamente metade do valor do outro EPC.

É muito importante que o planejamento executivo ocorra com antecedência, pois é preciso viabilizar a disponibilização dos recursos (mão-de-obra, material, equipamentos, e método / treinamentos) em tempo hábil para seguir o cronograma ideal, evitando despesas extras com proteções provisórias.

O maior diferencial apresentado entre os dois objetos de estudo é que o sistema de andaime é alugado enquanto o sistema de redes é comprado. Logo, o tempo de uso na construção causa um impacto muito maior no primeiro, já que a locação representa praticamente 80% do seu custo, sendo os outros 20% de montagem, desmontagem e frete. Supondo que, ao se usar o andaime fachadeiro, o cronograma consiga ser reprimido, gerando uma linha de balanço onde o revestimento externo deixe de ser em cinco meses e passe a ser em três, a locação teria um decréscimo de aproximadamente R\$ 28.000,00, correspondente à 14% total da locação e à 6% ao mês. Portanto, se o EPC escolhido for o andaime fachadeiro, o cronograma deve ser reavaliado, de maneira a utilizar a vantagem que o sistema proporciona

de maior frente de trabalho, visando o menor tempo de locação possível. Se forem comparados ambos os sistemas com o mesmo cronograma, o resultado de menor custo do S.L.Q.A tende a se repetir independente da obra. Ademais, o sistema de redes, também se mostra mais vantajoso no caso de um possível atraso no cronograma da obra, já que, por não ser alugado, não geraria um aumento de custo.

A diferença no orçamento pode ser ainda mais representativa se a fachada não for retilínea, como no estudo, pois quanto mais complexa for a parte externa da edificação, mais complexo será o andaime fachadeiro locado, por consequência mais caro. Enquanto, para o S.L.Q.A, a diferença na complexidade da fachada não impacta no preço unitário das redes, mudando apenas o valor total, considerando que tenha aumento ou diminuição de seu perímetro.

Importante ressaltar que o sistema de redes é reutilizável. A norma europeia permite e revalidação da validade após testes de envelhecimento e comprovação de que ainda atende aos requisitos. A norma Brasileira indica que se siga a europeia. Essa reutilização gera ainda uma economia para obras futuras. Enquanto para uma nova construção utilizando andaimes fachadeiros, uma nova locação teria que ser realizada.

Um ponto favorável ao uso do andaime fachadeiro, além de aumentar a frente de trabalho, é o fato de que, durante o revestimento externo, este sistema é menos sujeito às intempéries, o que garante um melhor cumprimento do cronograma.

Alguns desdobramentos são possíveis a partir deste trabalho, como realizar uma análise de compra para andaimes fachadeiros e realizar um estudo da economia considerando o reaproveitamento do sistema de redes, além de um estudo a respeito dos sistemas S e T em edificações verticais.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, D. Construção civil se retrai em 2017 e segura recuperação da economia. Site G1, outubro de 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/construcao-civil-se-retrai-em-2017-e-segura-recuperacao-da-economia.ghtml>> Acesso em: 26 de agosto de 2019;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6494:17**. Segurança nos andaimes. Rio de Janeiro, 1990; Disponível em: <[http://andequip.com.br/site/nbr\\_6494.pdf](http://andequip.com.br/site/nbr_6494.pdf)> Acesso em: 10 de setembro de 2019;

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE MEDICINA DO TRABALHO, **Construção civil está entre os setores com maior risco de acidentes de trabalho**, abril de 2019. Disponível em: <<https://www.anamt.org.br/portal/2019/04/30/construcao-civil-esta-entre-os-setores-com-maior-risco-de-acidentes-de-trabalho/>> Acesso em: 26 de agosto de 2019;

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Normas Regulamentadoras. **NR-9 (2014)**: Programa de Prevenção de Riscos Ambientar. 2014. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr9.htm>> Acesso em: 13 de setembro de 2019;

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-18**: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. 2015. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br>> Acesso em: 10 de setembro de 2019;

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Normas Regulamentadoras. **NR-35 (2016)**: Trabalho em altura. 2016. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-35.htm>> Acesso em: 10 de setembro de 2019;

CARVALHO, D.; **Acidentes na construção civil: uma infeliz realidade do setor**, 2017. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/acidentes-na-construcao-civil/>> Acesso em: 19 de dezembro de 2019.

COELHO, L. Parceiro de fachada, Revista Técnica, São Paulo: PINI, n.159, junho de 2010. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/159/parceiro-de-fachada-pratico-versatil-e-seguro-o-andaime-285486-1.aspx>> Acesso em: 12 de dezembro de 2019;

DINO, **Ministério do Trabalho estima que 40% dos acidentes ocorreram por quedas**. Revista Exame, outubro de 2016. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/negocios/dino/ministerio-do-trabalho-estima-que-40-dos-acidentes-ocorreram-por-quedas-shtml/>> Acesso em: 26 de agosto de 2019;

DISEMAQ. Redes de Sistemas de Segurança. **Redes de segurança**. Disponível em <<http://www.elleondeorobrasil.com.br/redes-de-seguranca/>> Acesso em: 10 de out 2019.

FARIAS, R. **Trabalho nas alturas**. Revista Técnica, São Paulo: PINI, n. 124, julho de 2007. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/124/artigo285385-1.aspx>> Acesso em: 12 de dezembro de 2019;

MINISTÉRIO DA FAZENDA, **Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho**, 2017. Disponível em: <<http://sa.previdencia.gov.br/site/2018/09/AEAT-2017.pdf>> Acesso em: 26 de agosto de 2019;

MOSSMAN, P. **Estudo comparativo da utilização de plataforma cremalheira e balancim elétrico para execução de argamassa de revestimento externo**. Julho de 2015. 70p. Monografia (Conclusão de Curso de Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ROQUE, Alexandre R. Palestra - **Prevenção de Acidentes nos Trabalhos em Altura**. 2011. Disponível em <<http://www.saudeetrabalho.com.br/download/trabaltura-alex.pdf>> Acesso em: 19 de dezembro 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, PIB varia 0,4% no 2º trimestre de 2019.

**UNE-EN 1263-1 Redes de seguridad: Parte 1:** Requisitos de seguridad, métodos de ensayo. Madrid - Espanha: [s.n.], 2004. 44 p.

**UNE-EN 1263-2 Redes de seguridad: Parte 2:** Requisitos de seguridad para los limites de instalación. Madrid - Espanha: [s.n.], 2016. 16 p.