

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
LUIZ RICARDO DOS SANTOS CHAGAS

**PROJETO DE ELEVADOR RESIDENCIAL PARA PESSOAS COM MOBILIDADE
REDUZIDA**

Varginha
2019

LUIZ RICARDO DOS SANTOS CHAGAS

**PROJETO DE ELEVADOR RESIDENCIAL PARA PESSOAS COM MOBILIDADE
REDUZIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas Gerais – UNIS como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel, sob orientação do Prof. Msc. João Mário Mendes de Freitas.

**Varginha
2019**

LUIZ RICARDO DOS SANTOS CHAGAS

**PROJETO DE ELEVADOR RESIDENCIAL PARA PESSOAS COM MOBILIDADE
REDUZIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS como pré-requisito para obtenção de grau de Engenheiro Mecânico pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof.

Prof.

Prof.

OBS.:

É chegado ao fim um ciclo de muitas risadas, choro, felicidade e frustrações. Sendo assim, dedico este trabalho a todos que fizeram parte desta etapa da minha vida. Agradeço a Deus por ter iluminado o meu caminho, aos meus professores por todo o ensinamento e a todos os meus amigos que me apoiaram nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e força, aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Agradeço a minha mãe Rute, heroína que me deu apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço. Obrigado meus irmãos e minha namorada Polyana que nos momentos de minha ausência dedicada ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente. Ao meu orientador prof. Msc. João Mário Mendes de Freitas, pela orientação, apoio e confiança.

“A vida é cheia de perguntas que as vezes nem sabemos responder,mais sempre temos um amigo que está sempre perto a nós proteger Jesus esse sim é um amigo de verdade”
Deus

RESUMO

De acordo com a pesquisa feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 18/06/2018), no Brasil 45,6 milhões de pessoas têm algum tipo de deficiência física este número representa 23,91% da população brasileira maior parte mora em áreas urbanas, o que representa cerca de 38,5 milhões de habitantes. Para auxiliar no dia a dia destas pessoas e garantir o direito de todos de ir e vir, as construções precisam se adequar as normas de acessibilidade, nos transportes verticais que compete aos elevadores as regras também são claras e determinam uma série de itens para a acessibilidade em transportes verticais, os quais são definidos na norma; a NBR 12892-2009 que determina vários itens de segurança e instalação de elevadores residenciais. Este trabalho apresenta o projeto de um elevador residencial para pessoas com mobilidade reduzida. Tal abordagem se faz com a premissa que um elevador unifamiliar é um equipamento capaz de melhorar a qualidade de vida de pessoas com mobilidade reduzida dando independência no seu deslocamento vertical. O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um elevador residencial de baixo custo apresentando a estrutura e configuração de um sistema de tração adaptando-se novas tecnologias de regeneração de energia elétrica para diminuição de seu consumo, utilizando materiais de fácil acesso no mercado para sua fabricação, que atenda até três pavimentos Este propósito será conseguido a partir de pesquisa bibliográfica e análise de produtos similares desenvolvidos por empresas especializadas, com a metodologia de desenvolvimento de produto através de pesquisa descritiva para atingir as metas quantitativas e qualitativas propostas. A pesquisa demonstra que é possível promover acessibilidade com poucos recursos financeiros oferecendo e atendendo todos requisitos de segurança previsto por normas brasileiras de elevadores unifamiliares. Tendo em vista que vivemos em uma época de escassez de recursos, crises hídricas e energética onde recursos alternativos tornam-se uma busca continua.

Palavras-chave: Inclusão. Acessível. Simplicidade Qualidade

ABSTRACT

According to a survey conducted by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE 18/06/2018), in Brazil 45.6 million people have some type of physical disability, this number represents 23.91% of the Brazilian population, most of whom live in urban areas, which represents about 38.5 million inhabitants. To help these people in their daily lives and ensure the right of everyone to come and go, buildings need to adapt to accessibility standards, in vertical transport that competes with elevators the rules are also clear and determine a series of items for accessibility in vertical transport, which are defined in the standard; the NBR 12892-2009 that determines various items of safety and installation of residential elevators. This work presents the design of a residential lift for people with reduced mobility. Such an approach is made with the premise that a single-family lift is equipment capable of improving the quality of life of persons with reduced mobility by giving independence in their vertical displacement. The objective of this work is to present the development of a low-cost residential elevator presenting the structure and configuration of a traction system adapting new technologies of electric energy regeneration to reduce its consumption, using materials easily accessible in the market for its manufacture, which meets up to three floors. This purpose will be achieved from bibliographic research and analysis of similar products developed by specialized companies, with the methodology of product development through descriptive research to achieve the quantitative and qualitative goals proposed. The research shows that it is possible to promote accessibility with few financial resources offering and meeting all safety requirements provided by Brazilian standards for single-family elevators. Given that we live in an era of scarce resources, water and energy crises where alternative resources become a continuous search.

Keywords: Inclusion. Accessible. Simplicity. Quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01- Viga biapoiada com carga no centro da peça.....	09
Figura 02- Viga biapoiada com cargas concentradas simétricas.....	09
Figura 03- Croqui da visão geral.....	11
Figura 04- Exemplo de cálculo de tensão no cabo com polia móvel.....	13
Figura 05- W22 motofreio.....	15
Figura 06- Enumeração dos perfis estruturais.....	21
Figura 07- Análise de força nos cabos	25
Figura 08- Sistema regenerativo.....	28
Figura 09- Vistas em 3d.....	29
Figura 10-Desenho técnico	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Escolha do cabo de aço ideal para o trabalho.....	12
Tabela 02- Disjuntores de proteção de circuitos elétricos.....	14
Tabela 03- Cálculo da viga 1 cantoneira com abas iguais.....	22
Tabela 04- Cálculo da viga 2 cantoneiras com abas iguais.....	22
Tabela 05- Cálculo da viga 3 cantoneiras com abas iguais.....	23
Tabela 06- Cálculo da viga 4 tubo quadrado.....	23
Tabela 07- Cálculo da viga 5 tubo quadrado.....	24
Tabela 08 - Dimensionamento dos cabos de aço Seale.....	25
Tabela 09- Dimensionamento das polias.....	26
Tabela 10- Seleção do modelo de equipamento do fabricante.....	27
Tabela 11- Lista com as especificações dos materiais.....	31
Tabela 12- Cotações de modelos similar.....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
2.1 Resistência dos materiais.....	8
2.2 Deflexão de Vigas	9
2.3 Componentes Mecânicos.....	10
2.4 Cabina e Contrapesos	10
2.5 Caixa de Redução.....	11
2.6 Cabos e polias	12
3 PRINCIPAIS COMPONENTES ELÉTRICOS	14
3.1 Disjuntor	14
3.2 Motor	14
3.3 Inversor de frequência	15
3.4 Regenerador	16
4 NORMAS RELEVANTES	17
4.2 NBR 16042:2012 Requisito de segurança para construção e instalação	17
4.3 NBR NM 207:1999 Elevadores elétricos de passageiros.....	17
4.4 NBR 8800:2008 Estruturas de aço e mistas	17
4.5 Lei federal de acessibilidade.....	18
5 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	19
6 EXECUÇÃO DO PROJETO.....	21
6.1 Análises de forças no cabo	7
6.2 Dimensões das Polias	9
6.3 Seleção do Módulos regenerativos	9
6.4 Layout do projeto	11
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES	14
9 CONCLUSÕES	16
9.1 sugestões para trabalhos futuros	17
REFERÊNCIAS	17

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve como será desenvolvido elevador residencial em uma residência são várias formas, uma delas é instalação de rampas para acesso ao andar superior só que o problema delas é a questão da inclinação muito pequena, e para vencer vãos com pé direito de três metros aproximadamente precisaria de muito espaço para sua construção e por conta desta dificuldade surgem os elevadores residenciais.

As vantagens desses equipamentos é que atendam todas as pessoas como idosos, gestantes e portadores de necessidades especiais, estes dispositivos a cada dia se torna mais acessível financeiramente porém há um receio por parte de clientes em relação ao consumo de energia devido seu tamanho físico, cada vez mais com designer que se adaptam à residência muitos destes elevadores dispensam o uso de casa de máquinas ou até mesmo poço.

A proposta é tornar um elevador residencial sustentável e armazenar a energia regenerada; algumas hipóteses levantadas são elas, acoplar dínamo gerador na cabina de forma que mantenha uma polia de contato com um trilho aproveitando o movimento de deslocamento ou aproveitar rotação do moto redutor ou talvez aproveitar a rotação do motor.

Tal abordagem justifica o atual trabalho e fundamenta conceitos adquiridos no curso de engenharia mecânica especialmente em sistemas mecânicos, adquirir mais conhecimentos tecnológicos sobre elevadores e aplicar de uma forma simplificada e sempre ir a favor da segurança de seus usuários, balanceando seu custo de projeto final para que seja acessível.

Aplicar novas tecnologias utilizada para redução do consumo de energia elétrica tendo em vista que vivemos em uma época de escassez de recursos; crises hídricas e energética nos últimos tempos e ainda estamos sobe esta ameaça.

A Premissa que um elevador unifamiliar é equipamento capaz de melhorar a qualidade de vida de pessoas com mobilidade reduzida dando independência no seu deslocamento vertical.

É importante ressaltar a contribuição do trabalho para a comunidade dos deficientes físicos com este estudo para que a inclusão seja uma realidade brasileira para os próximos anos.

O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um elevador residencial e demonstrar estruturalmente e configurar sistema de tração adaptando-se novas tecnologias de regeneração de energia elétrica, diminuindo o seu consumo e que atenda até 3 pavimentos para que os cliente tenha a acessibilidade, conforto e de certa forma valorização de seu imóvel e possa ser instalado até mesmo em casas já construídas, bastando apenas alguns ajustes, e que seja menos invasivo no projeto de edificação.

Este propósito será conseguido através da revisão bibliográfica de sites especializados de grandes empresas conhecidas mundialmente; para demonstrar todas as fases do projeto e atingir todos os objetivos específicos deste trabalho, com a metodologia de desenvolvimento de produto será utilizado como pesquisa descritiva para atingir todas metas desta pesquisa expressamente quantitativas.

Este trabalho será desenvolvido em 5 capítulos para uma melhor organização e compressão, começou com a introdução apontando sua relevância, em seguida o embasamento teórico logo adiante tem se a metodologia e o desenvolvimento do projeto, as considerações finais e por fim as referências bibliográficas

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para analisar a estrutura da cabina, será feita uma análise previa do design da cabina, a partir desta análise inicial observa-se quais serão os elementos estruturais que serão mais solicitados e determinar quais perfis metálicos atende as solicitações. O dimensionamento dos perfis preliminares estará sujeito à flexão é feito a partir de uma premissa prevista norma propõe que os deslocamentos máximos para elementos estruturais submetidos a flexão tenham um valor máximo admissível de 15mm para vigas bi apoiadas em função do vão livre da viga. percebe-se que a deslocamento máximo admissível de acordo com a NBR8800:2008, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS,2008) na qual f_{max} é o deslocamento máximo admissível e L é o vão livre da peça conforme a equação 1.

$$f_{max} = \frac{L}{350} \quad (1)$$

2.1 Resistência dos materiais

É bastante trivial a relação entre carga axial e tensão, conforme indicada na Equação 2, a razão entre força axial e área representa a tensão em um componente tracionado; da mesma forma é relação entre tensão, módulo de elasticidade e deformação é expressa pela lei de Hooke geralmente se aplica a qualquer objeto elástico, de complexidade arbitrária, desde que a deformação e a tensão possam ser expressos por um único número (HIBBELER,2006)

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

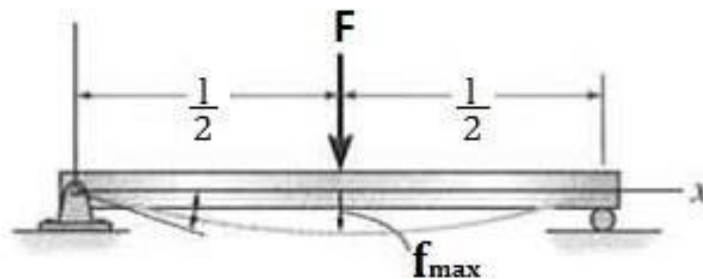
Ainda Hibbeler.(2006), caso não haja variação na seção transversal o material seja homogêneo e a carga seja uniforme ao longo do comprimento da barra, tem-se a equação onde δ é a tensão máxima, F força de tração aplicada na peça, l é o comprimento, A área da seção transversal e modulo de elasticidade E .equação (3)

$$\delta_{máx} = \frac{F \cdot l}{A \cdot E} \quad (3)$$

2.2 Deflexão de Vigas

Alguns artifícios para cálculos em vigas que sofrem deflexão já são bastante expandidos na literatura, os métodos da integração direta, método dos momentos de áreas e o método da superposição de efeitos. Algumas circunstâncias clássicas já tem sua integração desenvolvida e, por imediato, a equação (4) rege sua deflexão máxima, demonstrado na Figura 01, (HIBBELER,2006).

Figura 01-Viga biapoiada com carga concentrada no cento da peça.



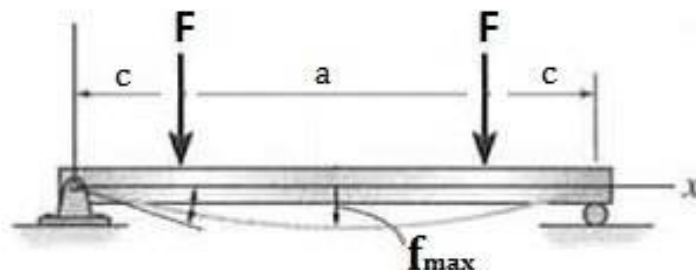
Fonte: Adaptado de HIBBELER, (2006).

Foi aplicado este conceito conforme a figura 01 para calcular a flecha máxima para os perfis metálicos da cabina afim de garantir a integridade da estrutura como a segurança.

$$f_{max} = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad (4)$$

A Equação (4), F força aplicada na viga em newton, l^3 comprimento entre as forças, 48 constante aplicado neste caso, E modulo de elasticidade do aço, I inercia do perfil que atende as solicitações.

Figura 02 - Viga biapoiada com cargas concentradas simétricas



Fonte: Adaptado de Hibbeler, (2006).

Para Hibbeler.(2006), linha elástica é a configuração geométrica de deslocamento vertical dos pontos situados no eixo longitudinal de uma viga, e pode ser representada analiticamente por meio de uma função, este conceito será aplicado na viga da cabina onde a somatória de toda carga estará distribuída nos dois pontos conforme a figura 02, as polias móveis impõem forças concentradas simetricamente em relação ao centro da viga para tal situação será aplicada a equação (5).

$$f_{max} = \frac{F \cdot l^3}{24 \cdot E \cdot I} \cdot (3a^2 + 8c^2 + 12ac) \quad (5)$$

2.3 Componentes Mecânicos

Embora existem poucos modelos de elevadores residenciais, no entanto, algumas ligações tem relação entre seus componentes básicos de uma forma geral não há variações considerável nos principais componentes do equipamento a seguir foi desenvolvido em tópicos partes e peças mais relevantes de um elevador elétrico.

Para instalar um elevador elétrico sem a de casa de máquinas, são necessárias algumas mudanças nos componentes e peças. Apesar disso as pequenas mudanças na seleção dos componentes são possíveis obter uma grande redução custo e espaço onde serão instalados o equipamento, o motor e a caixa de redução encontram-se acima das guias do carro, o contrapeso na lateral da caixa e depois é necessário obter algumas possibilidades para a instalação do quadro de comando.

Elevadores residenciais sem casa de máquinas são muito vantajosos em relação aos equipamentos convencionais, porém se limitam em atender a uma altura de até 12 metros segundo a NBR 12892 (2009), são considerados de pequeno porte, há muitas vantagens dos equipamentos sem casa de máquina em relação aos sistemas tradicionais.

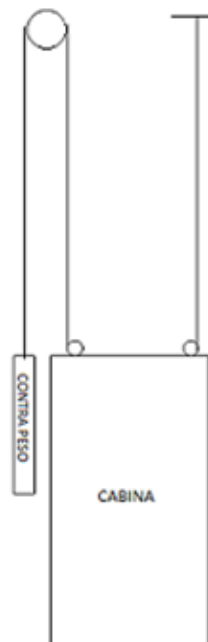
2.4 Cabina e Contrapesos

A cabina é o componentes que transporta seus passageiros verticalmente, para que haja conforto de seus usuários será dimensionado conforme as descrições normativas, referente ao modelo será delimitado uma área de 900mm x 1200mm com altura interna de 2200mm e uma porta de 800mm, com uma capacidade máxima de 3 pessoas ou 225kg, e que atenda até 3

pavimentos, ou 12 metros e como itens obrigatório para pessoas com mobilidade reduzida será adicionado ao fundo da cabina um corrimão tubular, espelho e sinalização em braile, a única entrada permitida é a de acesso principal, sua estrutura deverá ter resistência mecânica suficiente para resistir as forças aplicadas.

Em conformidade o contrapeso deve ter sua massa total igual de 50% da soma da carga nominal mais peso próprio da cabina, conforme a Figura 04, o equipamento se comporta de maneira similar a uma polia móvel logo a massa necessária do contrapeso é igual à metade do valor convencional.

Figura: 03- Croqui da visão geral.



Fonte: O autor.

2.5 Caixa de Redução

Para a escolha da máquina de tração é necessário analisar não só o motor elétrico que será utilizado, mas também de forma holística a velocidade de deslocamento da cabina que por definição normativa tenha uma velocidade aproximada de 0,35m/s.

Neste projeto não será calculado os componentes interno da caixa do redutor, exemplo relação de transmissão, número de dentes perda de potência devido ao atrito das peças moveis, pois fica inviável projetar uma caixa especifica para o projeto pois existem uma gama muito grande no mercado com várias combinações de rotação de entrada e de saída, assim como torque máximo admissível na saída, para a seleção da caixa será definido pela equação abaixo

onde i é o número de interações entre rotação de entrada na caixa de redução, $n(\text{in})$ rotação do motor e $n(\text{out})$ rotação do eixo de saída da caixa de redução definido na equação (6).

$$i = \frac{n(\text{in})}{n(\text{out})} \quad (6)$$

Posteriormente serão utilizados catálogos técnicos para seleção dos mesmos.

2.6 Cabos e polias

Os cabos são os elementos mais importante responsável pela sustentação e segurança de seus usuários, são componentes vitais para construção de um elevador, e definido por norma conforme a tabela 01, que o elevador deve ser suspenso por 2 cabos. Determina se também um coeficiente de segurança 10 á 12 utilizado para elevadores de passageiro, só existirá tensão máxima no cabo quando a cabina estiver em plena carga, por consequência a máxima tensão será dada, devido a configuração do elevador, assim sendo a soma das massas do carro e carga útil da cabina multiplicada pela aceleração da gravidade.

Tabela 01- Escolha do cabo de aço ideal para o trabalho.

Seale 8 x 19 + AF Arame de aço próprio para elevadores (TRACTION STEEL)		
Diâmetro em polegadas	Peso Aprox. em N/m	Carga de ruptura mínima efetiva KN
3/8	3,15	37,2
1/2	5,60	65,8
5/8	8,80	104,0

Fonte: Melconian, (2009).

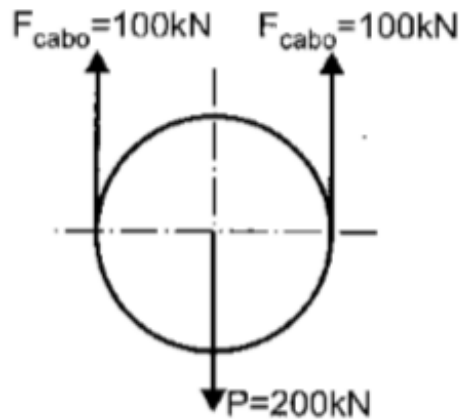
Será calculado utilizando a equação, onde $f_{\text{min}}(\text{rup})$ é força que o cabo suportara, k e o fator de segurança que vai ser adotado como 10, e F_{cabo} é a força máxima no cabo considerando todos componentes mecânicos inclusive o próprio peso do cabo será aplicado a equação (7).

$$f_{\text{min}}(\text{rup}) = k \cdot F_{\text{cabo}} \quad (7)$$

Para as polias será dimensionada de acordo com o diâmetro nominal dos cabos, para este projeto será utilizada um conjunto de polias com 3 peças contendo 2 canaleta cada; uma delas será montado na saída do eixo da caixa de redução que tem por função tracionar o cabo e

erguer toda carga, e outras duas serão instaladas na parte superior da cabina que funcionara como uma polia móvel dividindo a tensão no cabo por dois conforme a figura 04.

Figura 04-Exemplo de cálculo de tensão no cabo com polia móvel.



Fonte: Melconian, (2009).

Para chegar ao valor mínimo e recomendado para os diâmetros das polias e calculado com a equação onde $d(\text{tambor})$, e o diâmetro mínimo ou recomendado, 26 é a constante utilizada em diâmetros mínimos e 39 é a constante utilizada diâmetros recomendados e $d(\text{cabo})$ diâmetro da seção transversal do cabo, desta forma e possível encontrar no catalogo de fabricantes de polias medidas disponíveis entre valores mínimos e recomendados, equação (8).

$$d_{\text{min}}(\text{tambor}) = 26. d(\text{cabo})$$

ou

$$d_{\text{rec}}(\text{tambor}) = 39. d(\text{cabo})$$

(8)

3 PRINCIPAIS COMPONENTES ELÉTRICOS

Um dos principais dispositivos de controle de um elevador é o painel de controle que será instalado no último andar, ele comanda todos os dispositivos eletrônicos do elevador, todos os equipamentos possuem este componente que é conhecido como correção ou cérebro, é a parte vital do equipamento, onde se concentra toda parte tecnológica e de controle.

Responsável por processar o sinal emitido pelo passageiro quando é chamado o elevador, os motores podem ser de corrente alternada (CA) ou corrente contínua (CC), é considerado o componente principal para o funcionamento correto do elevador, tendo também a capacidade de tornar a operação do elevador mais eficiente.

3.1 Disjuntor

Os disjuntores são sistema para segurança de sobrecargas elétricas ou curtos-circuitos que tem como função principal de cortar a passagem de corrente elétrica, caso a intensidade da mesma seja excedida, quando ocorre uma sobrecorrente provocada por uma sobrecarga ou um curto-circuito, o disjuntor é desligado automaticamente para proteger os cabos e manter o fluxo normal de corrente sem interrupções garantir e segurança das instalações e dos usuários.

Tabela 02- Disjuntores de proteção de circuitos elétricos

Modelo	In (A)
ACW100	20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100
ACW160	125, 160
ACW250	200, 250
ACW400	400
ACW630	630
ACW800	800
ACW1600	800, 1.000, 1.250, 1.600

Fonte: WEG (2019)

Para seu dimensionamento será somado todas as correntes (AMPERES) do sistema elétrico e adicionar mais 10% como margem de segurança, para que seja selecionado na tabela 02 do fabricante.

3.2 Motor

A princípio será utilizado motores da fabricante WEG conforme a figura-05 tendo em vista a boa disponibilidade de peças de reposição e para manutenções preventiva, será calculado

toda carga de trabalho utilizando conceitos adquiridos em sistemas mecânicos, como rotação nominal e potência, para selecionar em catálogo técnico do fabricante, este tipo de motor tem sistema de freio que utiliza bobinas eletromagnéticas quando não há tensão no motor ele permanece freado, com o acionamento do botão liga/desliga, essa bobina energizada se retrai liberando a rotação do eixo.

Figura 05- O W22 Motofreio.



Fonte: WEG, (2019)

É o motor ideal para aplicações que exigem paradas instantâneas, precisas e seguras, é comum utilizar motores em equipamentos que são aplicados na engenharia, em muitos casos práticos, verificar os requisitos da carga com os atributos do motor determinado seleção do motor adequado, com respeito ao fator de potência, rendimento, grau de proteção mecânica e tensão deve também levar em consideração.

3.3 Inversor de frequência

O inversor de frequência é um equipamento capaz de controlar a velocidade de giro de um motor elétrico, caso o motor esteja ligado direto na rede a velocidade será fixa, isto só é possível devido o ajuste de frequência que o equipamento faz, quando um motor elétrico é acionado por um inversor de frequência e é movido pela carga mecânica a rotação do eixo se torna superior a rotação do campo girante ocasionando um fenômeno chamado de regeneração, neste cenário o motor se torna temporariamente um gerador de energia, sendo que a energia cedente vai para o inversor de frequência fazendo com o barramento em corrente contínua suba e causa falha no equipamento a solução para evitar isto é conexão de um resistor de frenagem que irá dissipar a energia regenerada pelo motor em calor, esta aplicação é muito comum em elevadores, pontes rolantes, guindastes e esteiras em declives.

3.4 Regenerador

É o conjunto no qual, o elevador funciona como gerador de energia, convertendo a energia mecânica dos elevadores em eletricidade e devolvendo-a para a rede de energia da edificação. Os elevadores se locomovem usando energia de alimentação da concessionária para que funcione, no entanto, quando eles se locomovem para baixo com uma carga de carro pesado ou com uma carga de carro leve, a máquina de tração funciona como um gerador de energia.

Embora a energia gerada durante a operação da máquina de tração seja geralmente dissipada como calor, o conversor regenerativo transmite a energia de volta ao transformador de distribuição e alimenta a rede elétrica no prédio junto com a eletricidade da fonte de alimentação.

Os regeneradores da Mitsubishi Electric possui três características importantes para regeneração de energia elétrica por motores que fazem regeneração completa devolvendo para rede o auto fator de potência de operação e baixa distorção harmônica do conjunto com o inversor de frequência, a energia regenerada pelo motor e convertida em corrente alternada na mesma frequência, tensão e fase da rede de alimentação, eliminando o risco de curto circuito durante a regeneração do motor, esta energia devolvida será consumida por outros equipamentos conectado à rede no mesmo instante, gerando economia ao usuário, para a seleção do conversor regenerador para o projeto e escolher o modelo de acordo com a potência do motor.

4 NORMAS RELEVANTES

A NBR 12892:2009 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009) denominada de elevadores unifamiliares ou de uso restrito à pessoa com mobilidade reduzida, é a principal norma pertinente a elevadores residenciais, assim sendo conduzira boa parte do trabalho, a mesma define requisitos para construção instalação e segurança de elevadores residenciais ou de uso restrito à pessoas com mobilidade reduzida abraçando as principais elaborações para o compartimento de máquina, contrapeso, carro e portas, freio de segurança, suspensão, limitador de velocidade.

4.2 NBR 16042:2012 Requisito de segurança para construção e instalação

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012) Refere-se aos requisitos de segurança para construção e instalação de elevadores de passageiros sem casas de máquinas. Esta norma concede os principais requisitos de segurança e parâmetros de projeto para construção e instalação de elevadores sem casas de máquinas.

4.3 NBR NM 207:1999 Elevadores elétricos de passageiros

A norma NBR NM 207 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999) trata sobre tema Elevadores elétricos de passageiros - requisitos de segurança para construção e instalação. A norma apresenta que necessitam ser efetuado inspeções e ensaios periódicos nos elevadores, a fim de certificar-se que o elevador está em condições de absoluto trabalho. No entanto a NBR NM 207 (1999) reforça que os ensaios regulares não devem ser realizados com muita constância, visto que podem causar exagerado desgaste ou forçar tensões que possam encurtar a segurança do elevador, como o caso do freio de segurança e para-choques. Estes ensaios precisam ser feitos com a cabina vazia para não haver acidentes com terceiros e o responsável técnico da manutenção.

4.4 NBR 8800:2008 Estruturas de aço e mistas

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008) Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Esta norma, baseando-se no método dos estados-limites, determina os requisitos básicos que devem ser obedecidos no projeto à temperatura ambiente de estruturas de aço, estruturas mistas de aço e concreto de edificação

nas quais os perfis de aço sejam laminados, soldados ou seção tubular sem costura ou com, as ligações sejam executadas com soldas ou parafusos.

4.5 Lei federal de acessibilidade

Em conformidade com a lei brasileira de acessibilidade nos edifícios e de uso privado, nº 10.098 (2000) capítulo V. define a como:

Art. 13. Os edifícios de uso privado em que seja obrigatória a instalação de elevadores deverá ser construídos atendendo aos seguintes requisitos mínimos de acessibilidade:

I – Percurso acessível que una as unidades habitacionais com o exterior e com as dependências de uso comum;

II – Percurso acessível que una a edificação à via pública, às edificações e aos serviços anexos de uso comum e aos edifícios vizinhos;

III – cabine do elevador e respectiva porta de entrada acessível para pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida.

Art. 14. Os edifícios a serem construídos com mais de um pavimento além do pavimento de acesso, à exceção das habitações unifamiliares, e que não estejam obrigados à instalação de elevador, deverão dispor de especificações técnicas e de projeto que facilitem a instalação de um elevador adaptado, devendo os demais elementos de uso comum de estes edifícios atender aos requisitos de acessibilidade.

5 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

O desenvolvimento do projeto é impassível de alterações durante todo o processo de fabricação, esses procedimentos foram previamente estabelecidos com o auxílio de referências bibliográficas de empresas renomadas no assunto.

Para Amaral et al. (2006) destaca que a elaboração de um novo produto é representada por meio de tarefas, nas quais demandam às necessidades do mercado e do cliente, viabilidade, restrições e tecnológicas.

Aplicando alguns conceitos adquiridos de resistência dos materiais e estruturas metálicas, para facilitar o entendimento foi adicionado imagens em 3D do projeto e tabelas, este equipamento foi desenvolvido aplicando fatores de segurança capazes de transmitir a qualidade ao produto com menor custo benefício em relação aos concorrentes que fabricam elevadores de mesmo porte atualmente no mercado, não precisa de executar nenhum cálculo adicional.

Segundo Shigley et al. (2008), projetar resume-se basicamente em elaborar uma proposta para satisfazer a necessidade específica, quanto em resolver um problema. Nas hipóteses de suceder na criação de alguma coisa tendo uma realidade física, portanto o produto deverá ser útil, confiável, competitivo, seguro, benéfico e fabricável.

Para fabricação do produto deverá seguir algumas orientações para que o equipamento seja seguro.

- a) Os perfis metálicos deverão ser adquiridos por empresas que atestam que o aço e o especificado pelo projeto;
- b) Para as ligações soldadas deve ser feita por profissionais qualificados;
- c) Os equipamentos devem ser munidos de mecanismos anulem possíveis erros de paralaxe;
- d) Deverá ser inspecionado antes da entrega para o cliente garantido a qualidade;
- e) Deve-se padronizar os operadores de forma que executem as mesmas funções durante todas as etapas de fabricação;
- f) Os horários de pausa devem ser idênticos para os dias de fabricação, sendo rigorosamente igual tanto para início quanto para término de pausas obrigatórias;

Ainda Amaral et al. (2006) propõe que a concepção de um produto é analisar um ponto crítico para a concorrência das organizações, é por meio de novos processos que a empresa possa fabricar produtos mais competitivos com tempo de fabricação menor.

Os consumidores estão cada vez mais exigentes, em busca de várias alternativas de opção de produtos, por isto que no desenvolvimento de um projeto os produtos precisam ser levados como item chave, as premissas do cliente.

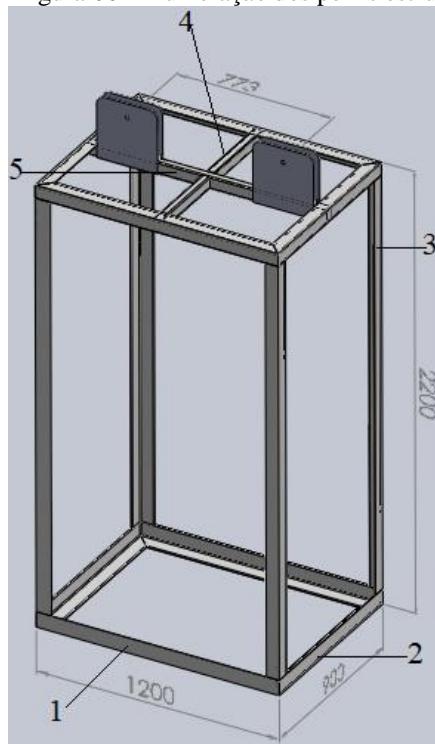
Segundo Shigley et al. (2008), afirma que arquitetar é uma atividade de abundante comunicação entre desenhos e palavras são os dois mais utilizados, como formas escritas e orais. Arquitetar e também é um processo de tomada de decisão, algumas vezes precisam ser tomadas com base com pequenas informações ou mesmo com abundância de informações parcialmente divergentes. Definições são tomadas algumas vezes por tentativas conservando o direito de auxílio toda vez que mais informações se tornem habituais.

“Interessante que o projetista reconheça uma opção aceitável e distingui-la entre duas alternativas satisfatórias, identificando a melhor, com estas estratégias e fundamento de otimização poderão ser elaborados, e fazer seleta e solucionar” (SHIGLEY et al. 2008)”.

6 EXECUÇÃO DO PROJETO

Para facilitar o entendimento as peças estrutural da cabina foi enumerado os perfis conforme indicado na Figura 06 Algumas peças não estão enumeradas devido ao fato de que seus modelos matemáticos são similar a alguma peça já enumerada, por ser uma estrutura simétrica.

Figura 06- Enumeração dos perfis estruturais.



Fonte: O autor.

Com a modelagem matemática de cada componente para as peças (1- 2 – 4 - 5), admite-se que elas sejam elaboradas como vigas submetidas apenas à flexão, na peça 3 e seus pares são dimensionadas como barras submetidas somente a tensões de tração.

É importante ressaltar que será somada à capacidade nominal máxima admitida, mais valor de peso próprio de cada perfil na carga aplicada nos modelos, presume que pode haver um excesso de carga e aliado a isso, são considerados os dispositivos contidos na cabina que agregam uma massa adicional.

As vigas (1- 2- 4) foram idealizadas como vigas biapoiada com uma carga concentrada no centro com valor igual à carga total, isto é, carga útil mais carga extra. A massa considerada foi no valor de três pessoas somado com peso próprio de cada peça, segundo a norma NBR 12892 (2009) é de 75 Kg por pessoa, foi considerada uma deformação máxima de 0,009m, será

utilizado aço ASTM A-36 com módulo de elasticidade $2 \times 10^{11} \text{N/m}^2$. o comprimento das vigas foi calculado a partir das dimensões externa de cada perfil existente na cabina. Com relação ao coeficiente de segurança foi definido o valor mínimo de 5 definido pela NBR 12892 (2009), as tabelas de perfil de cantoneiras foram extraídas da empresa Gerdau, os perfis tubulares extraídos da empresa vallourec tubos estruturais.

Tabela 03- cálculo da viga 1 cantoneira com abas iguais.

Variável	Valor	Unidade
<i>F</i>	2.272	<i>N</i>
<i>l³</i>	1,20	<i>m</i>
<i>I</i>	50×10^{-8}	<i>m</i> ⁴
<i>E</i>	2×10^{11}	<i>N/m</i> ²
<i>Coefficiente de segurança</i>	5	<i>adimensional</i>
<i>fmax</i>	0,004	<i>m</i>
<i>Perfil Utilizado</i>	3x3x3/16	<i>pol</i>
<i>Massa por metro</i>	5,52	<i>kg/m</i>
<i>Massa da peça</i>	6,62	<i>kg</i>

Fonte: O autor.

Tabela 04- cálculo da viga 2 cantoneiras com abas iguais.

Variável	Valor	Unidade
<i>F</i>	2.255	<i>N</i>
<i>l³</i>	0,9	<i>m</i>
<i>I</i>	40×10^{-8}	<i>m</i> ⁴
<i>E</i>	2×10^{11}	<i>N/m</i> ²
<i>Coefficiente de segurança</i>	5	<i>adimensional</i>
<i>fmax</i>	0,002	<i>m</i>
<i>Perfil Utilizado</i>	3x3x3/16	<i>pol</i>
<i>Massa por metro</i>	5,52	<i>kg/m</i>
<i>Massa da peça</i>	4,96	<i>kg</i>

Fonte: O autor.

Considerando-se que a peça 3 e seus pares são modeladas como barras submetidas apenas a tração, é notório que sua deformação máxima é dada pela Equação (3) onde A é a área da seção transversal da peça, F e a força axial.

Tabela 05- cálculo da viga 3 cantoneiras com abas iguais.

Variável	Valor	Unidade
F	2.326	N
l	2,20	m
A	$7,03 \times 10^{-5}$	m^2
E	2×10^{11}	N/m^2
<i>Coefficiente de segurança</i>	5	<i>adimensional</i>
$\delta_{\text{máx}}$	0,0003	m
<i>Perfil Utilizado</i>	3x3x3/16	<i>pol</i>
<i>Massa por metro</i>	5,52	kg/m
<i>Massa da peça</i>	12,14	kg

Fonte: O autor.

Tabela 06- cálculo da viga 4 tubo quadrado.

Variável	Valor	Unidade
F	2.308	N
l^3	0,9	m
I	$91,2 \times 10^{-8}$	m^4
E	2×10^{11}	N/m^2
<i>Coefficiente de segurança</i>	5	<i>adimensional</i>
f_{max}	0,003	m
<i>Perfil Utilizado</i>	70x70x5,6	mm
<i>Massa por metro</i>	11,5	kg/m
<i>Massa da peça</i>	10,3	kg

Fonte: O autor.

A viga 5 foi modelada como viga biapoiada com cargas simetricamente carregada em relação ao seu centro foi considerada a somatória da carga nominal máxima de 225kg mais o peso próprio da peça, dividindo está somatória por dois, pelo fato de ter duas polias móvel

instaladas na viga 5 para maior segurança foi superdimensionada pelo fato de toda carga estar agindo diretamente na viga, a flecha máxima permitida no teto da cabina é de 15mm, será utilizada a equação (5).

Tabela 07- cálculo da viga 5 tubo quadrado.

Variável	Valor	Unidade
<i>F</i>	1.171	<i>N</i>
<i>l³</i>	1,20	<i>m</i>
<i>I</i>	91,2x 10 ⁻⁸	<i>m⁴</i>
<i>E</i>	2x10 ¹¹	<i>N/m²</i>
<i>a</i>	0,773	<i>m</i>
<i>c</i>	0,213	<i>m</i>
<i>Coefficiente de segurança</i>	5	<i>adimensiona</i>
<i>fmax</i>	0,009	<i>m</i>
<i>Perfil Utilizado</i>	70x70x5,6	<i>mm</i>
<i>Massa por metro</i>	11,5	<i>kg/m</i>
<i>Massa da peça</i>	13,8	<i>kg</i>

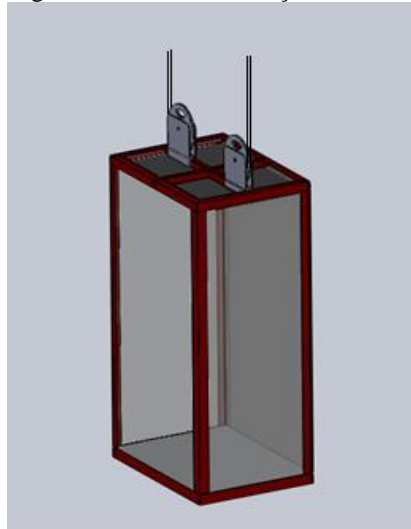
Fonte: O autor.

Para maior economia na fabricação do projeto com menor desperdício foi utilizado perfis com as mesmas geometria, pois são comercializados perfis com um comprimento mínimo de 6 metros.

6.1 Análises de forças no cabo

Para o dimensionamento dos cabos e necessário fazer uma análise de forças, é preciso levar em consideração o peso próprio da cabina mais a carga máxima de uso, assim como o peso próprio dos cabos de aço e o número de polias moveis no sistema, e alguns componentes fixo a cabina, para o projeto será utilizado 2 cabos de aço definido pela NBR 12892 (2009) como valor mínimo, por se tratar de 2 polias com 2 canaletas cada a força total foi dividida por 4, assim-se obtém o valor da força em cada cabo de acordo com a figura 07.

Figura 07- Análise de força nos cabos



Fonte: O autor.

Calcula-se a soma do peso próprio com peso nominal multiplicado pela gravidade tem uma força de 5.105,56 Newtons considerando o peso dos cabos de sustentação, dividindo esta força por 4 obtém-se 1.276,39 Newtons agindo em cada cabo conforme a tabela 08. Para se obter a um diâmetro ideal para os cabos será aplicado a equação do (7), na tabela abaixo está demonstrado o cálculo para determinar o diâmetro do cabo de aço.

Tabela 08- Dimensionamento dos cabos de aço Seale

Variável	Valor	Unidade
F	1.276,39	N
Coeficiente de segurança	10	<i>adimensional</i>
l	68	<i>m</i>
$\delta_{m\acute{a}x}$ calculada	12	KN
Diâmetro	8	mm
Carga de Ruptura min	28	KN
<i>Perfil Utilizado</i>	8 x 19 + AF	<i>dimensional</i>
<i>Massa por metro</i>	2,18	N/m
<i>Massa da peça</i>	148,24	N/m

Fonte: O autor.

O dimensionamento do cabo de aço é de fundamental importância para a segurança dos usuários. Para realização dos cálculos de dimensionamento, foi adotada a obra de Melconian (2009), onde interpretou-se algumas tabelas com um a série de informações relevantes ao dimensionamento. Cabe salientar que para cada aplicação de máquina de elevação e transporte existe um cabo de aço ideal e coeficiente de segurança. O diâmetro do cabo é definido a partir

da carga de ruptura mínima que mesmo suporta, o diâmetro do tambor é definido a partir do tipo de cabo de aço a ser dimensionado.

6.2 Dimensões das Polias

Conforme a tabela 08, o diâmetro do cabo para suspensão de 8mm atende as solicitações de projeto, com uma carga mínima de ruptura mínima de 28 KN indicada pelo fabricante, para se obter um diâmetro mínimo e recomendado das polias foi aplicado a equação (8).

Tabela 09- Dimensionamento das polias

Variável	Valor	Unidade
Diâmetro recomendado	312	mm
Diâmetro mínimo	208	mm
<i>Perfil Utilizado</i>	canaleta em v	<i>dimensional</i>

Fonte: O autor.

6.3 Seleção do Módulos regenerativos

Retomando nossa pergunta inicial, uma problemática para o desenvolvimento deste produto conforme os objetivos específicos constatou-se que é inviável desenvolver um sistema que regenere a energia elétrica gerada através de seu movimento, tendo em vista que já existe equipamentos de geração de energia elétrica no mercado especialmente para elevadores, sendo assim será dimensionado todo sistema de tração, e de posse destas informação será selecionado em catálogo técnico do fabricante, reator de entrada dedicada, disjuntor, conversor regenerador, inversor de frequência.

Após calculado a potência útil do motor,primeiro passo é selecionar no catálogo da mitsubishi electric o módulo regenerativo baseado na potencia do motor,para o projeto terá potência minima de 2,3 cv ou superior atende as solicitações do projeto em execucao,neste caso,será utilizado o modelo grifado em vermelho conforme a tabela 10.

Tabela 10- Seleção do modelo de equipamento do fabricante.

Inverter capacity	2.2K or lower	3.7K	5.5K	7.5K	11K	15K	18.5K	22K	30K	37K	45K	55K	75K
200V	FR-HC2-7.5K	—	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	FR-HC2-15K	—	—	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×
	FR-HC2-30K	—	—	—	—	○	○	○	○	×	×	×	×
	FR-HC2-55K	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	×
	FR-HC2-75K	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○
400V	FR-HC2-H7.5K	—	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×
	FR-HC2-H15K	—	—	—	○	○	○	×	×	×	×	×	×
	FR-HC2-H30K	—	—	—	—	—	○	○	○	×	×	×	×
	FR-HC2-H55K	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	×
	FR-HC2-H75K	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○

Fonte: Mitsubishi Electric, (2019).

Neste caso o modelo FR-HC2-7.5K é a melhor opção para aplicar no projeto, os sistemas regenerativos em aplicação, o motor elétrico será arrastado pela carga e quando isso acontece existe um fenômeno chamado de regeneração de energia, o motor elétrico vai converter a energia mecânica em energia elétrica, geralmente estamos acostumados ao contrário o motor elétrico converter energia mecânica ou em movimento o inversor de frequência e o dispositivo que controla a velocidade e torque, quando acontece o contrário o motor entra modo regenerativo o inversor de frequência tem que ser preparado para dissipar esta energia extra que o motor está devolvendo para ele, mesmo quando ocorre a regeneração o inversor continua sendo alimentado pela rede de alimentação basicamente esta energia aparecera no barramento de corrente continua do inversor considerando uma elevada tensão e se o inversor não puder dissipar esta tensão extra o equipamento desligara evitando a queima, a solução tradicional e a utilização de resistores de frenagem e módulos de frenagem que irão converter esta energia extra em energia térmica este tipo de solução e muito utilizado por ser simples relativamente barata mas do ponto de vista energético não é viável pois ela pega toda energia que o motor está disponibilizando para o inversor de frequência e converte em energia térmica.

Então para devolver esta energia quando o motor e arrastado pela carga, quando a carga mecânica gira o motor elétrico, são os sistemas regenerativos, o inversor deixa de ser alimentado pela rede e passa a ser alimentado pelo conversor regenerador onde o inversor irá continuar a funcionando normalmente, a energia será devolvida para o conversor que irá transformar a energia CC em CA na mesma tensão frequência e fase para que não ocorra curto circuitos, por isso é essencial que o conversor tenha mesma capacidade do inversor de frequência, esteja sincronizado a rede de alimentação se não a regeneração não irá ocorrer e sistema ira desarmar conforme a figura 08, um esquema ligação básico do sistema regenerativo.

Figura 08- Sistema regenerativo.



Fonte: Mitsubishi Eletric, (2019).

A seguinte premissa que este conjunto seja conectado a uma rede de alimentação, que existam outras cargas conectadas a rede, como aparelhos domésticos eletroeletrônicos entre outros, porque quando ocorre a regeneração de energia ela tem que ter um destino caso não tenha o sistema regenerativo irá desarmar para evitar que tensão interna suba demais e danifique o equipamento. A taxa de regeneração de um motor elétrico é sempre mais baixa que as somas das cargas de toda uma rede industrial ou residencial, ou seja, nunca irá regenerar mais que sua capacidade nominal devidas as perdas, sua eficiência de regeneração é de aproximadamente 60 a 70% da capacidade do motor (MITSUBISHI ELETRIC,2019).

Para se obter um valor real de quanto o sistema está regenerando é instalar medidores no local, devido algumas variáveis como quantas vezes por hora o elevador está em funcionamento e as perdas de eficiências devido atritos de componentes mecânicos.

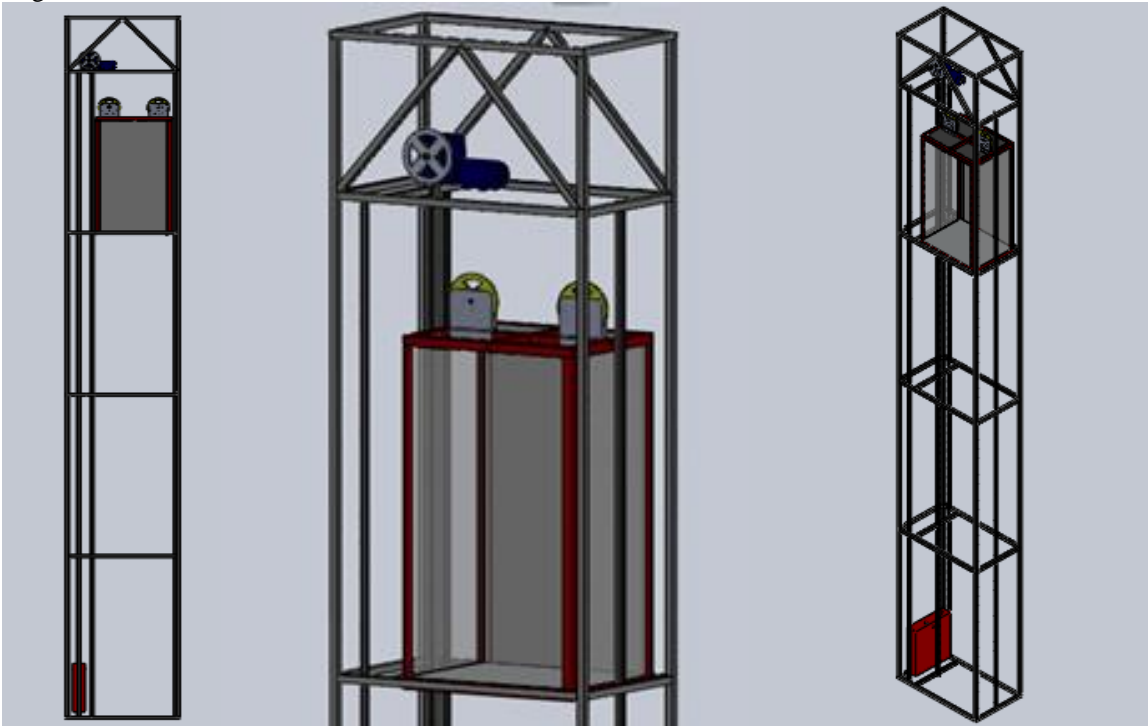
6.4 Layout do projeto

Nesta etapa do projeto foi elaborado o dimensionamento dos requisitos determinantes, que são os principais componentes que compõem o elevador. Este dimensionamento foi baseado na norma regulamentadora NBR 12892:2009 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS,2009) Projeto, fabricação e instalação de elevador unifamiliar.

Foi gerado um modelo tridimensional completo a partir dos componentes selecionados no desenvolvimento do projeto. As imagens geradas são mostradas a seguir na figura 09, Os desenhos técnicos de fabricação encontram-se na figura 10.

Inicialmente dimensionou-se a estrutura da cabine, que são as vigas que darão sustentação ao elevador encontra-se no esboço, o número de vigas necessárias, com suas respectivas dimensões e esforços solicitantes, este esboço foi utilizado para realização dos cálculos.

Figura 09- Vistas em 3D.

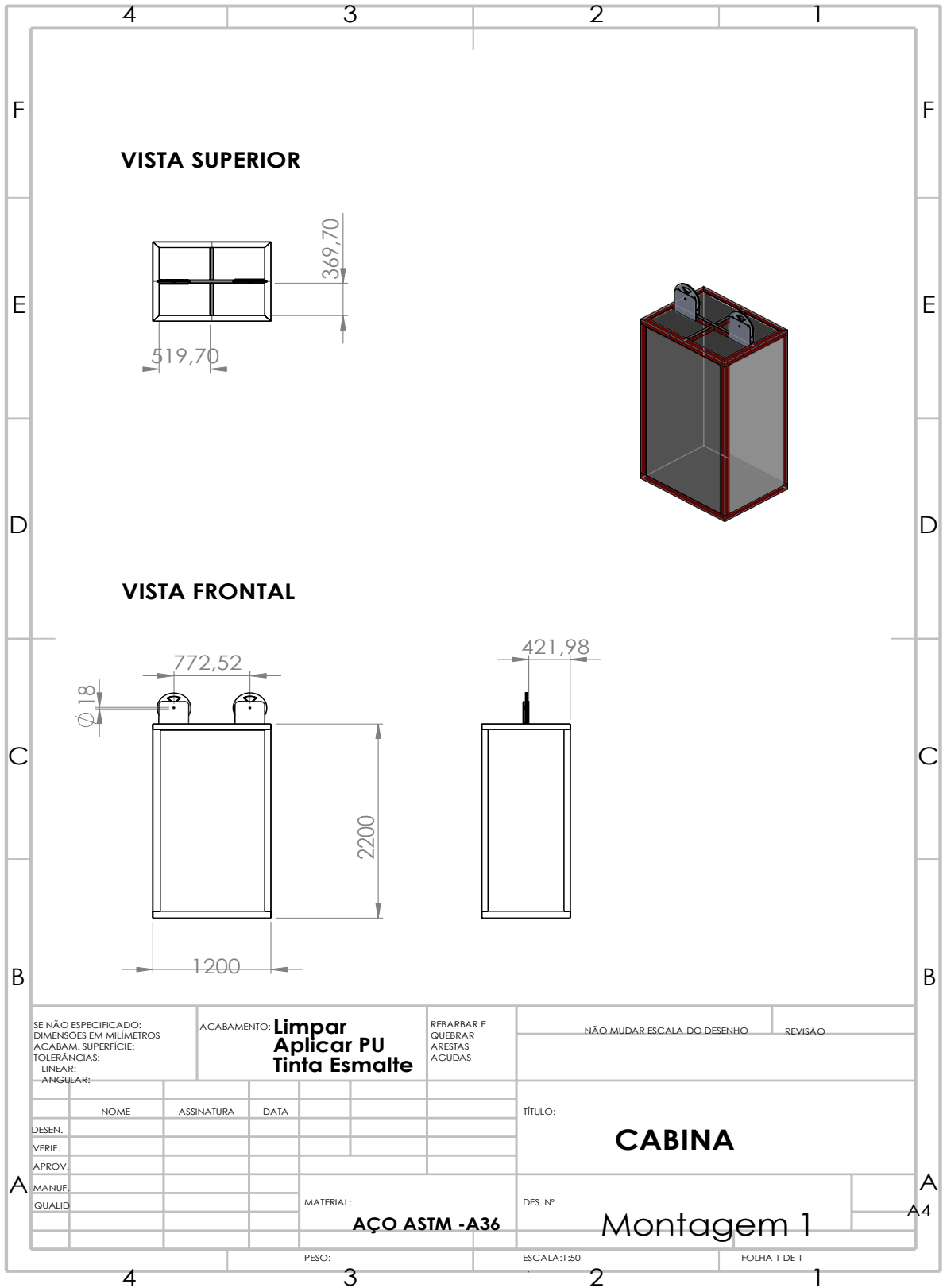


Fonte: O autor.

A caixa foi toda modelada conforme a figura 09, embora está como um dos trabalhos futuros, foi toda modelada para que o cliente tenha uma ideia de como ficara após sua fabricação montagem, após a conclusão do refinamento e da otimização do projeto, é imprescindível que seja feita uma varredura geral nos detalhes do projeto a fim de identificar e corrigir as possíveis falhas que possam ser encontradas.

Sendo que contempla as principais dimensões da cabine, da estrutura da cabine, destaca-se que o projeto do elevador foi modelado em um software 3D e as dimensões que não estão detalhadas podem ser adquiridas no modelo do projeto.

Figura 10- Desenho técnico.



Fonte: O autor.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste ponto são apresentados os resultados obtidos as especificações dos componentes do elevador residencial em questão seu dimensionamento.

Na tabela abaixo foram listados todos os materiais e quantidade de cada peça, dos principais componentes, nesta mesma seção não foi listado os materiais que compõe a estrutura da caixa.

Tabela 11- Lista com as especificações dos materiais.

Componente	Quantidade	Aplicação
Cantoneira 3x3x3/16 (6m)	3	Cabina
Tubo quadrado 70x70x5,6 (6m)	1	Cabina
Perfil T	4	Guia
Chapa xadrez p/piso 1,19x0,89 m	1	Cabina
Chapa lisa p/teto 1,19x0,89 m	1	Cabina
Vidro 8mm 0,88x 2,18 m	2	Cabina
Vidro 8mm 1,19x2,18 m	1	Cabina
Porta do tipo bus 1,20x2 m	1	Cabina
Bloco de concreto	1	Contra peso
Lâmpada de 15w	1	Cabina
Cabos de aço Seale 5/16" 8 x 19 + AF	68 metros	Cabina
Polias 3V 208mm ou 312mm	3	Cabina
Moto Freio 2,3cv ou superior	1	Sistema de tração
Motorreductor 1:60	1	Sistema de tração
Disjuntor	1	Sistema elétrico
Inversor de frequência	1	Sistema elétrico
Módulo regenerador FR-HC2-7.5K (3,7K)	1	Sistema elétrico

Fonte: O autor

A proposta desenvolver um elevador residencial possível de atender até doze metros de altura com os principais componentes mecânicos e estruturais essenciais para o funcionamento foi atingida na primeira etapa os controle auxiliares como luz de emergência e intercomunicador caixa estrutural não estão especificados aqui, porém seu custo foi considerado no cálculo da estimativa de custo total do projeto.

Quanto à estimativa financeira, o objetivo foi comparar custo de equipamentos semelhantes disponíveis no mercado. Também buscou-se analisar opções de adaptar módulos regenerativos a partir da utilização de catálogos técnico tornando elevador com mais eficiente e menos consumo de energia elétrica, para próximas etapas será desenvolvida toda parte elétrica e uma análise estrutural da caixa tendo em vista que cada cliente terá uma demanda diferente.

Trazendo em conta os itens fundamentais para instalação do elevador residencial, estima-se que o custo total do elevador deve ser de aproximadamente R\$ 47.000,00. Também foi parte desse trabalho fazer uma estimativa de equipamentos similares disponíveis no mercado, logo na tabela 12 segue cotações com alguns fabricantes especializados, em seguida o resultado das cotações de preço de elevadores sem casa de máquinas disponível no mercado.

Tabela 12-Cotações de modelos similar.

Empresa /modelo	Valor
Alfa elevadores	R\$ 119.000,00
Montele elevadores-H3	R\$80.000,00
Otis elevadores Gen 2	R\$102.00,00

Fonte: O autor.

O equipamento que mais se assemelha com o projeto desenvolvido é H3, divergindo apenas quanto às faces panorâmicas e o tamanho da cabina e da caixa. Agora o modelo da Alfa Elevadores, conta com uma lateral panorâmica com portas automáticas fabricada em vidro. Finalmente o Gen2 é um equipamento com capacidade para 6 passageiros, sendo o menor modelo disponível pelo fornecedor.

A resolução de engenharia para deslocamento vertical que é seguro entre três andares em uma residência se demonstrou satisfatório com decorrer do trabalho. Como este projeto envolve em primeiro instante a compreensão de novas tecnologias do mercado no setor de elevadores, como funcionamento do equipamento e dos componentes e termos habituais empregados neste tipo de equipamento com isso, abrange a teoria de resistência dos materiais, sistemas mecânicos e as concepções matemáticas para simplificação dessas incertezas. Se obteve também a ciência sobre motores elétricos de corrente alternada, e o procedimento de seleção de motores para cada tipo de aplicação e solicitação.

Concluimos que é possível desenvolver este trabalho aplicando conceitos adquiridos no curso de engenharia mecânica, obtendo mais conhecimentos tecnológicos sobre elevadores

residenciais. Este projeto exige muito comprometimento para que seja cumprida todas as etapas e metas propostas dentro dos prazos estabelecidos.

9 CONCLUSÕES

Foram alcançados os objetivos citados no desenvolvimento. verifica-se economicamente o projeto o modelo tridimensional completo com peças selecionadas e dimensionadas.

A solução de engenharia para mobilidade segura entre os três pavimentos para residências se mostrou bastante extenso no decorrer deste trabalho. O projeto envolve inicialmente conhecimento de tecnologias de elevadores atualmente no mercado, as partes do equipamento seu funcionamento, termos usados e empregados nesse tipo de equipamento. Abrangendo algumas teorias de resistência dos materiais e concepções matemáticas para facilitar essa problemática, adquiriu também o conhecimento sobre módulos regeneradores de energia elétrica, procedimentos de seleção de um motor para cada tipo de aplicação e solicitação.

Este tema envolve profundamente as normas ABNT, que apoiam na construção e instalação de elevadores para que sejam projetados e seguros. A presença de todo o campo que esse tema abraça foram, a metodologia de projetos, normas também feitos modelos tridimensionais, simplificações, no fim, chegou-se as peças que atendem às solicitações.

Foi realizada análises estruturais na cabina, dimensionamentos e seleções de peças. A grande dificuldade de projetar em um elevador residencial unifamiliar é analisar, assimilar e enquadrar todo o projeto nos requisitos de normas vigentes. Mais a frente, reunir a solução dos problemas e estruturar a sequência do projeto, pois o equipamento possui peças correlativas, foi um desafio no atual projeto.

Na análise integral dos resultados, percebe-se que é possível adquirir componentes dimensionados e especificados no decorrer do projeto, montar e instalar o elevador apresentado neste projeto, em virtude da disponibilidade comercial das peças especificadas e garantia de espaço disponível para instalação. Nota-se que o projeto desenvolvido é economicamente acessível, considerando o custo inferior ao custo de um equipamento parecido disponível no mercado.

Como os avanços tecnológicos é muito importante para o desenvolvimento da nação, com investimento em novas descobertas, todos saem ganhando os profissionais que obtém

novos conhecimentos, com um leque de atuação grande, e seus clientes podem disfrutar da alta tecnologia em suas residências.

A comunicação do projeto, foram gerados modelos tridimensionais que auxiliam na conceber e na correção de eventuais equívocos no projeto.

9.1 sugestões para trabalhos futuros

- Dimensionar toda parte elétrica;
- Dimensionar a solda da cabina;
- Realizar uma análise estrutural da caixa;
- Criar um plano de manutenção preventiva;
- Especificar limitador de velocidade;
- Dimensionar freios de segurança;

REFERÊNCIAS

ALFA ELEVADORES, 2019. Disponível em: <<https://www.alfaelevadores.com.br>>. Acesso em: 10 outubro 2019.

MONTELE ELEVADORES, 2019. Disponível em: <<https://montele.com.br/elevadores>>. Acesso em: 19 outubro 2019.

Otis, 2019. Disponível em: <<https://www.otis.com/pt/br/>>. Acesso em: 1 outubro 2019.

7 LIFT. **elevador residencial sem casa de máquina**, 2019. Disponível em: <<http://www.7lift.com.br/elevadores/comerciais/14-tipos-de-elevadores/28-elevador-eletrico-sem-casa-de-maquinas-700t>>. Acesso em: 21 junho 2019.

AMARAL. **Gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Saraiva, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12892:2009 elevador unifamiliar ou de uso restrito á pessoas com mobilidade reduzida - requisito de segurança para construção e instalação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16042 Elevadores elétrico de passageiros-Requisitos de segurança para construção e instalação de elevadores sem casa de maquina. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800 2008:projeto de estrutura de aço e estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 207 elevadores

elétricos de passageiros - requisitos de segurança para construção e instalação. Rio de Janeiro, 1999.

BRASIL. lei nº10.098, de 19 dez de 2000.ART 13. **acessibilidade**, brasilia,DF, 19 dez 2000.

CESTALTO. **Catálogo de redutores e motorredutores**, 2019. Disponível em:
<<http://cestialto.com.br/novo/wp-content/uploads/2016/09/CESTALTO-CATALOGO-COMPLETO.pdf>>. Acesso em: 31 agosto 2019.

CIMAF. **catálogo técnico de cabos de aço**, 2019. Disponível em:
<<https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/aricabos/CatalogoCIMAF2014Completo.pdf>>. Acesso em: 31 agosto 2019.

GERDAU. **Catálogo barras e perfis**, 2019. Disponível em:
<<https://www2.gerdau.com.br/downloadable-resource/catalogo-barras-e-perfis-tabela-de-bolso>>. Acesso em: 9 Outubro 2019.

HIBBELER, R. C. **RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS**. 5. ed, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

MELCONIAN,. **Elementos de máquinas**. 9. ed. São Paulo: Erica 2009.

MITSUBISHI ELETRIC. **conversor regenerativo multifuncional**, 2019. Disponível em:
<http://mitsubishielectric.com.br/download/catalogs/Catalogo_FR-XC_26-10.pdf>. Acesso em: 21 junho 2019.

PROVENZA. **PROJETISTA DE MÁQUINAS**. 71º. ed. São Paulo: F.PROVENZA, 1996.

REDAÇÃO BRASILEMANHA NEWS, 2019. Disponível em:
<<http://www.brasilalemanhanews.com.br/lifestyle/acessibilidade-elevadores-garantem-o-direito-de-ir-e-vir-das-pessoas-com-deficiencia/>>. Acesso em: 19 agosto 2019.

SHIGLEY, M. **Projeto de engenharia mecânica**. 7. ed. São Paulo: BOOKMAN, 2008.

VALLOUREC. **catalogo de tubos e componentes trefilados, perfilados e laminados**, 2019. Disponível em:
<http://www.vallourec.com/COUNTRIES/BRAZIL/PT/Media/catalogues/Documents/Automotivo_2015_maiou_web.pdf>. Acesso em: 9 outubro 2019.

WEG. **Catálogo de disjuntores**, 2019. Disponível em:
<<https://www.weg.net/institucional/BR/pt/>>. Acesso em: 20 junho 2019.

WEG. **Catalogo de motores**, 2019. Disponível em:
<<https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/search?text=MOTOFREIO>>. Acesso em: 19 junho 2019.