

# Desenvolvimento de uma Plataforma Elevatória Vertical para Cadeirantes

ZANETTE, Giulio Milanez  
Engenharia Mecatrônica  
Instituto Federal de Santa Catarina  
Criciúma, Santa Catarina, Brasil  
giuliomznette2@gmail.com

MARQUES, Fernando Michelon  
Engenharia Mecatrônica  
Instituto Federal de Santa Catarina  
Criciúma, Santa Catarina, Brasil  
fernando.marques@ifsc.edu.br

PAULETTI, Philippe  
Engenharia Mecatrônica  
Instituto Federal de Santa Catarina  
Criciúma, Santa Catarina, Brasil  
philippe.pauletti@ifsc.edu.br

**Resumo** — A presença de barreiras arquitetônicas ainda constitui um grande obstáculo à mobilidade de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, comprometendo o acesso equitativo a espaços públicos. Apesar da legislação brasileira exigir acessibilidade em edificações, muitos ambientes ainda não atendem a essas exigências. Diante dessa problemática, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento do projeto eletromecânico de uma plataforma elevatória vertical para uma instituição beneficente localizada em Criciúma - SC. O trabalho abrange o estudo do local, a pesquisa bibliográfica sobre acionamentos e normas técnicas, a definição do tipo de plataforma e o mecanismo de elevação mais adequado. O equipamento projetado é acionado por um fuso trapezoidal, com o motor elétrico operando sob controle de velocidade por inversor de frequência, e todos os sensores e atuadores integrados por meio de um Controlador Lógico Programável (CLP). Além disso, o projeto visa o dimensionamento mecânico do sistema, a modelagem tridimensional e simulações estruturais para validação da proposta. O projeto elétrico é elaborado conforme as normas técnicas, contemplando os dispositivos de comando, proteção e controle. A solução apresentada tem como objetivo garantir segurança, funcionalidade e conformidade normativa, promovendo a equidade no ambiente de ensino.

**Palavras-Chave** — plataforma elevatória, acessibilidade, mobilidade reduzida.

## I. INTRODUÇÃO

A mobilidade física reduzida é uma condição que pode afetar qualquer indivíduo ao longo da vida, seja em decorrência de deficiências permanentes, enfermidades crônicas ou do próprio processo natural de envelhecimento. Nessas situações, a limitação dos movimentos compromete a participação plena em atividades sociais, profissionais e educacionais [1].

As pessoas com deficiência física constituem um grupo que demanda adaptações específicas para garantir condições adequadas de locomoção e inclusão. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, cerca de 3,4% da população brasileira (aproximadamente 7,3 milhões de pessoas) apresenta dificuldade para andar ou subir degraus. O mesmo estudo aponta ainda que a taxa de analfabetismo entre pessoas com deficiência é 15,4% superior à da população sem deficiência, evidenciando a carência de acessibilidade nos ambientes de ensino brasileiros [2].

Para enfrentar essa realidade, o ordenamento jurídico brasileiro dispõe de importantes instrumentos voltados à promoção da acessibilidade. A Lei nº 10.098/2000 destaca-se por abordar de forma abrangente as condições necessárias para o acesso de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Seu artigo 11 estabelece que obras de construção, ampliação ou reforma de edifícios públicos e privados de uso

coletivo devem ser planejadas de modo a garantir o acesso adequado a todos, em conformidade com as normas técnicas vigentes [3].

Aliado a isso, surge a NBR 9050 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, responsável por reger sobre acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Com isso, essa norma define a acessibilidade como a possibilidade e a condição de alcance, percepção e utilização segura e autônoma de espaços, mobiliários, edificações, transportes, meios de comunicação e demais serviços, tanto públicos quanto privados, por pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida [4].

Desse modo, um dos principais impeditivos para a acessibilidade em ambientes de ensino se dá por obstáculos arquitetônicos os quais impedem o livre trânsito de pessoas com baixa mobilidade física. Sendo assim, uma das soluções para essa problemática é a adaptação do espaço por meio da instalação de uma plataforma elevatória vertical, cuja seleção e dimensionamento técnico devem seguir critérios normativos e funcionais [5].

Em consonância com essas diretrizes, uma instituição beneficente localizada em Criciúma - SC identificou a necessidade de viabilizar o acesso ao pavimento superior de um bloco de salas de aula, atualmente acessível apenas por escadas. A ausência de dispositivos de elevação restringe a circulação de cadeirantes e compromete a inclusão de pessoas com limitações físicas, contrariando as normas de acessibilidade e os princípios de equidade que orientam as atividades da entidade.

Diante dessa demanda, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver o projeto eletromecânico de uma plataforma elevatória vertical para cadeirantes, elaborada de acordo com as normas de segurança e acessibilidade vigentes.

## II. METODOLOGIA

A concepção do projeto envolve o acionamento da plataforma elevatória vertical. A pesquisa contempla o estudo do local de instalação, a análise das alternativas de elevação, o dimensionamento mecânico e elétrico, a modelagem tridimensional e a elaboração do circuito de comando, a fim de obter uma solução funcional e segura.

### A. Levantamento de requisitos e local de instalação

Inicialmente, a partir de uma visita no local de demanda do equipamento, é analisado o espaço que apresenta a problemática em relação à acessibilidade. O bloco de sala de aulas no piso superior conta com acesso apenas por escadas do tipo “U”, formadas por 2 vãos interligados por um patamar intermediário. Há espaço livre para a instalação de um sistema eletromecânico de elevação entre os 2 pisos.

Além disso, são realizadas medições do espaço útil para construção da máquina, sendo constatado que a altura do pé esquerdo, dada pela diferença de altura entre o térreo e o 1º pavimento, é de 3,4 metros. Além disso, a área de base ocupada pela plataforma não depende de limitações, desde que o acesso pelo térreo se dê paralelo à parede e o acesso no piso superior perpendicular. Para melhor compreensão do ambiente, é desenvolvido um modelo 3D do espaço alocado para a instalação da máquina, indicado na Fig. 1.

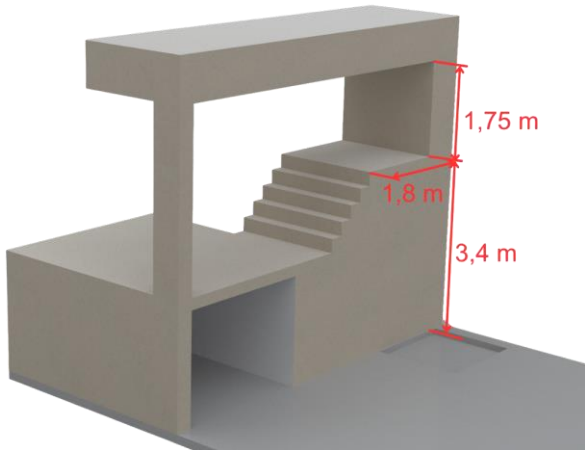


Fig. 1: Modelo tridimensional do local de instalação.

### B. Pesquisa e seleção de sistemas de elevação

A escolha do sistema de elevação constitui uma etapa fundamental no desenvolvimento de plataformas destinadas ao transporte de pessoas com mobilidade reduzida. A definição do mecanismo mais adequado depende de fatores como capacidade de carga, precisão de posicionamento, segurança, custo de instalação, manutenção e espaço disponível para montagem [5]. Entre os principais tipos de acionamento aplicáveis a plataformas elevatórias estão os sistemas hidráulico, por tração e por fuso [6].

O acionamento hidráulico utiliza fluido pressurizado para gerar movimento, proporcionando controle preciso e elevada capacidade de carga. No entanto, apresenta desvantagens, como maior custo de instalação, necessidade de manutenção frequente e risco de vazamentos [7].

O acionamento por tração, por sua vez, emprega cabos de aço e polias para movimentação da cabine, sendo amplamente utilizado em elevadores convencionais [8]. Embora possua construção simples e baixo custo inicial, requer a incorporação obrigatória de sistemas de freio e dispositivos de segurança [9], assim, aumentando a complexidade do projeto.

Já o acionamento por fuso trapezoidal transforma o movimento rotativo do motor em movimento linear, permitindo deslocamento suave, boa precisão e dispensa de freios [8]. Esse sistema também apresenta manutenção reduzida, custo intermediário e operação limpa, sem o uso de fluidos hidráulicos [10]. A Tabela 1 identifica as principais características de cada tipo de mecanismo.

Considerando os critérios apresentados, o acionamento por fuso trapezoidal mostrou-se o mais adequado para as condições deste projeto. Essa escolha deve-se à sua simplicidade construtiva, confiabilidade, menor necessidade de manutenção e facilidade de integração com o sistema de controle automatizado.

TABELA I. CARACTERÍSTICAS DOS MECANISMOS DE ELEVÇÃO [7, 8, 9,10]

<i>Critério</i>	<i>Hidráulico</i>	<i>Tração</i>	<i>Fuso</i>
Controle de Posição	Alto	Médio	Alto
Capacidade de carga	Alta	Média	Média
Necessidade de freio	Não	Sim	Não
Complexidade de instalação	Alta	Baixa	Média
Custo de instalação	Alto	Baixo	Médio
Manutenção	Alta	Baixa	Média

### C. Dimensionamento e cálculos do projeto

Com a escolha do parafuso de potência como mecanismo de acionamento da plataforma, o fuso trapezoidal passa a representar o componente mais crítico do sistema, uma vez que é o responsável por suportar e transmitir a carga durante o movimento [5]. Nesse sentido, são determinadas características fundamentais do fuso, como diâmetro nominal e passo da rosca, as quais serão utilizadas nos cálculos de dimensionamento do acionamento.

Diante desse contexto, a primeira etapa constitui na determinação da carga total suportada pelo fuso ( $P$ ), como mostrado na equação 1. A equação leva em consideração a massa da cabine ( $m_c$ ) juntamente com a carga máxima da plataforma ( $m_p$ ), e a aceleração da gravidade ( $g$ ).

$$P = (m_c + m_p) \cdot g \quad (1)$$

A partir da carga total e das informações provenientes de catálogos, como diâmetro primitivo do parafuso ( $D_p$ ), coeficiente de atrito do fuso ( $\mu$ ), comprimento do fuso ( $L_f$ ), massa do fuso ( $m_f$ ), ângulo de rosca ( $\alpha$ ), passo ( $p$ ), diâmetro médio do mancal ( $D_c$ ) e coeficiente de atrito do mancal ( $\mu_c$ ), os cálculos para obtenção dos valores de torque de abaixamento ( $T_A$ ) e levantamento ( $T_L$ ) do sistema, bem como a eficiência ( $e$ ) dessa transmissão, são apresentados respectivamente nas equações 2, 3 e 4 [10].

$$T_A = \frac{P \cdot D_p (\mu \cdot \pi \cdot D_p + p \cdot \cos \alpha)}{2(\pi \cdot D_p \cdot \cos \alpha - \mu \cdot p)} + \mu_c \frac{P \cdot D_c}{2} \quad (2)$$

$$T_L = \frac{P \cdot D_p (\mu \cdot \pi \cdot D_p - p \cdot \cos \alpha)}{2(\pi \cdot D_p \cdot \cos \alpha + \mu \cdot p)} + \mu_c \frac{P \cdot D_c}{2} \quad (3)$$

$$e = \frac{P \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot T} \quad (4)$$

Por fim, para verificar se a carga suportada pelo fuso não irá ceder em razão da força da gravidade quando o elemento de máquina estiver em repouso, a condição mostrada na inequação 5 é validada [10].

$$\mu \geq \frac{L_f \cdot \cos \alpha}{\pi \cdot D_p} \quad (5)$$

Além do dimensionamento do torque e da verificação da condição de auto travamento, é fundamental analisar os esforços mecânicos atuantes no fuso durante a operação da plataforma elevatória. Nesse sentido, é realizada a avaliação da tensão normal máxima e da tensão de cisalhamento máxima no parafuso de potência, a fim de garantir que os

valores obtidos estejam dentro dos limites admissíveis do material.

Com isso, inicialmente é determinada a tensão normal no eixo x ( $\sigma_x$ ), a qual depende da área de base do parafuso de potência ( $A_f$ ) e da carga axial sobre o fuso ( $P_t$ ), dada pelo esforço movimentado pelo componente (P) e o seu próprio peso ( $m_f$ ), como visto na equação 6. A equação 7 descreve o cálculo tensão axial [11].

$$P_t = P + m_f \cdot g \quad (6)$$

$$\sigma_x = \frac{P_t}{A_f} \quad (7)$$

Como o fuso é um componente que sofre torque, é de suma importância o cálculo de torção. Para isso, primeiramente é calculado o momento polar de inércia (J) para um elemento com seção circular, como mostrado na equação 8. A partir desse valor, é possível obter o valor de torção ( $\tau_{xy}$ ) no parafuso de potência, de acordo com a equação 9 [11].

$$J = \frac{\pi \cdot D_p^4}{32} \quad (8)$$

$$\tau_{xy} = \frac{T \cdot D_p}{2 \cdot J} \quad (9)$$

Com a tensão normal e a torção calculadas, é viável determinar a tensão normal máxima ( $\sigma_{m\acute{a}x}$ ) e a tensão de cisalhamento máxima ( $\tau_{m\acute{a}x}$ ), respectivamente apresentadas nas equações 10 e 11. Vale ressaltar que como no caso desta aplicação o fuso só sofre esforço na vertical a tensão normal no eixo y ( $\sigma_y$ ) é desconsiderada [11].

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}} \quad (10)$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}} \quad (11)$$

Ademais, o fuso é um elemento esbelto, ou seja, sua altura é consideravelmente maior que sua área de base, desse modo é extremamente importante calcular a flambagem presente nesse componente. Para isso, é determinado o momento de inércia (I) para um elemento de seção circular, de acordo com a equação 12. A partir do momento de inércia, do módulo de elasticidade do material (E) e do comprimento do componente ( $L_f$ ) torna-se possível o cálculo da carga crítica ( $P_{cr}$ ) do sistema por meio da equação de Euler, indicada na equação 13 [11].

$$I = \frac{\pi \cdot D_p^4}{64} \quad (12)$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_f^2} \quad (13)$$

Por fim, a partir das informações coletadas e dos valores calculados, é dimensionado o motor elétrico capaz de realizar o trabalho de acionamento na plataforma elevatória. Com base na rotação do motorreductor ( $n_m$ ), no maior torque calculado (T) e na eficiência na transmissão (e), a potência

mecânica ( $P_{mec}$ ), em Watts, é obtida conforme a equação 14 [10].

$$P_{mec} = \frac{2 \cdot T \cdot n_m \cdot \pi}{60 \cdot e} \quad (14)$$

#### D. Projeto mecânico

O projeto mecânico da plataforma elevatória é desenvolvido a partir das dimensões e esforços determinados nas etapas de cálculo, tendo como foco principal a segurança, a estabilidade e a acessibilidade do usuário. O modelo tridimensional foi elaborado em ambiente CAD, permitindo a análise geométrica, de interferências e de montagem dos componentes. O projeto é dividido em diferentes partes a fim de facilitar a implementação, como estrutura de sustentação, cabine de transporte, enclausuramento, guias verticais, mancais, fuso e porca de acionamento e sistema de acoplamento.

##### 1) Estrutura de sustentação

Toda a estrutura de sustentação da plataforma elevatória é concebida a partir de tubos e cantoneiras unidos por solda, a fim de formar uma armação rígida e estável. Esse arranjo assegura que a carga total da plataforma seja suportada com um alto fator de segurança. O material escolhido para a estrutura é o aço carbono, o qual justifica-se por sua resistência mecânica adequada, elevada soldabilidade, disponibilidade no mercado e bom custo-benefício para estruturas metálicas [12].

##### 2) Cabine de transporte

A cabine da plataforma elevatória é projetada de forma semelhante à estrutura de sustentação, empregando perfis tubulares e cantoneiras de aço carbono unidos por solda. A plataforma de transporte é responsável por sustentar o usuário e permitir o deslocamento vertical entre os pavimentos. Seu piso é confeccionado em chapa metálica xadrez, cuja textura antiderrapante aumenta a aderência e reduz o risco de escorregamento.

Para possibilitar o acesso em ambos os níveis, a cabine conta com duas portas do tipo sanfona, dispostas perpendicularmente entre si, uma voltada para o piso térreo e outra para o piso superior. Essa disposição permite que o embarque e desembarque ocorram conforme a requisição realizada.

##### 3) Enclausuramento

Plataformas elevatórias verticais instaladas em locais de uso público e com percurso superior a 2 metros devem possuir enclausuramento total do percurso. O enclausuramento tem como função isolar mecanicamente a área de movimentação da cabine, impedindo o acesso a partes móveis durante a operação do equipamento [8].

Com base nessa exigência, o projeto da plataforma elevatória possui o enclausuramento completo da cabine e da estrutura externa. Com o objetivo de reduzir o peso total do equipamento e otimizar os custos de fabricação, adota-se a utilização de tela metálica do tipo Otis na confecção do fechamento.

##### 4) Guias verticais

O movimento vertical da cabine é orientado por guias formadas por vigas metálicas do tipo “U”, fixadas à estrutura de sustentação. Essas vigas operam como trilhos, o que oferece o alinhamento durante o deslocamento. A cabine desliza sobre as guias por meio de quatro roldanas de tecnil.

#### 5) Mancais

O fuso trapezoidal é biapoado. Na parte superior, é utilizado um mancal comercial modelo UCF206, responsável por suportar os esforços radiais. Já na parte inferior, o apoio é feito por um conjunto de dois rolamentos cônicos montados em oposição, formando um pacote que suporta simultaneamente esforços radiais e axiais.

#### 6) Fuso e porca de acionamento

O sistema de elevação da plataforma é baseado em um fuso trapezoidal, responsável por converter o movimento rotativo do motor em movimento linear vertical. O fuso aciona uma porca de acionamento, a qual se desloca ao longo de sua rosca conforme o sentido de rotação.

Essa porca está acoplada a um carro deslizante, o qual é conectado diretamente à cabine da plataforma. Dessa forma, o movimento do fuso é transmitido ao conjunto móvel, o que promove a elevação ou descida da cabine.

#### 7) Sistema de acoplamento

O sistema de transmissão entre o motorreductor e o fuso é realizado por meio de um eixo intermediário, responsável por transferir o torque gerado no conjunto motriz até o mecanismo de elevação.

Na extremidade do eixo, é empregado um acoplamento flexível, que tem a função de compensar pequenos desalinhamentos e reduzir vibrações durante a operação. Esse acoplamento conecta-se diretamente ao fuso trapezoidal. Tanto o eixo quanto o acoplamento são fixados por chavetas.

### E. Projeto elétrico

O sistema elétrico da plataforma elevatória é desenvolvido em conformidade com as normas NR 10 e NR 12. A Fig. 2 detalha o diagrama de blocos do sistema elétrico, que ilustra a disposição geral dos principais componentes bem como a forma como esses elementos se interligam para o funcionamento do conjunto [13] [14].

Em um equipamento como elevadores ou plataformas elevatórias, o CLP é o componente central do controle da operação do sistema. O controlador é responsável por integrar a leitura dos sinais provenientes das botoeiras e sensores, processá-los e comandar os atuadores de acordo com a lógica de programação [14].

O inversor de frequência, quando aplicado neste projeto, destaca-se por proporcionar maior conforto, permitindo o controle preciso da velocidade durante as fases de partida, aceleração, desaceleração e parada [15].

A movimentação da plataforma ocorre somente enquanto o botão de comando estiver pressionado, exigência que visa garantir a supervisão constante do operador. O sistema pode ser acionado tanto a partir dos dois pavimentos quanto do interior da cabine [8].

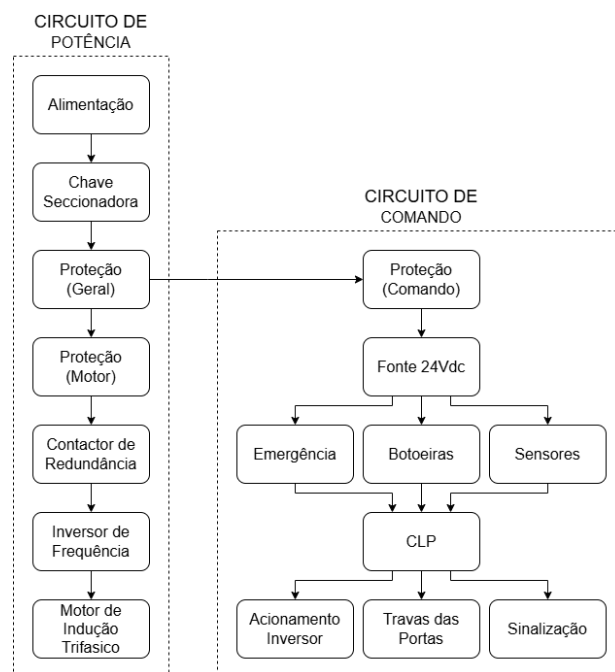


Fig. 2: Diagrama de blocos do sistema elétrico.

Para garantir a segurança durante o uso, o circuito detém botões de parada de emergência que, quando acionados, interrompem imediatamente a movimentação da plataforma. Além disso, o sistema possui sensores de posição distribuídos ao longo do curso de elevação, sendo dois sensores de fim de curso, responsáveis por parar a plataforma nas posições limites, e dois sensores intermediários, com a função de reduzir a velocidade antes da chegada aos limites superior e inferior.

A operação também é condicionada ao fechamento completo das portas da cabine e do enclausuramento. Nessas últimas são empregadas fechaduras eletromagnéticas que apenas liberam a abertura quando a cabine se encontra no respectivo piso ou em situação de emergência.

A sinalização visual do sistema é feita por meio de uma coluna luminosa, que indica os estados de operação, alerta e falha, o que possibilita a supervisão do equipamento.

### F. Simulações estruturais

Para validar os cálculos desenvolvidos e garantir a segurança da operação da plataforma elevatória antes de sua instalação, utiliza-se um recurso de simulação computacional. Considerando que o modelo tridimensional foi elaborado no *SolidWorks*, aproveita-se a funcionalidade nativa do próprio ambiente, o *SolidWorks Simulation*, o qual permite avaliar com precisão o comportamento estrutural do sistema diante dos esforços aplicados. Essa análise contribui para verificar a integridade dos componentes e antever possíveis falhas mecânicas.

## III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### A. Dimensionamento

Com base nas equações apresentadas anteriormente, torna-se possível o cálculo dos principais parâmetros mecânicos. A partir da análise de catálogo de fabricante, foi definido que o modelo de fuso mais adequado para o projeto é o TR 40x7,

cuja geometria apresenta diâmetro externo de 40 mm e passo de 7 mm [16].

Além disso, por meio de pesquisas, outras variáveis necessárias para os cálculos foram definidas, como é visto na Tabela 2.

TABELA II. VARIÁVEIS DEFINIDAS [11, 16]

Símbolo	Variável	Valor	Unidade
$D_p$	Diâmetro primitivo do fuso	36,5	mm
$p$	Passo do fuso	7	mm
$L_f$	Comprimento do fuso	3800	mm
$\mu$	Coefficiente de atrito no fuso	0,15	adim.
$\alpha$	Ângulo do filete da rosca	30	°
$D_c$	Diâmetro médio do mancal	55	mm
$\mu_c$	Coefficiente de atrito no mancal	0,02	adim.
$m_p$	Massa da plataforma	70	kg
$m_c$	Massa da cabine	150	kg
$m_f$	Massa do fuso	28	kg
$n_m$	Rotação do motorreductor	437,5	rpm
$\sigma_{lim}$	Limite de escoamento aço 1045	250	MPa
$E$	Módulo de elasticidade aço 1045	205	GPa

Inicialmente, é preciso definir a carga total movimentada pelo fuso. Para isso, as variáveis mostradas na Tabela II, aplicadas na equação 1, obtêm-se:

$$P = 2158,2 N.$$

A partir disso, torna-se possível o cálculo dos torques e da eficiência do componente de acionamento do sistema. Por meio das equações 2, 3 e 4, resultando em:

$$\begin{aligned} T_A &= 5,56 N \cdot m, \\ T_L &= 10,51 N \cdot m, \\ e_A &= 43,26 \%, \\ e_L &= 22,87 \%. \end{aligned}$$

Por conseguinte, a plataforma tem de ser autotravante, ou seja, a inequação 5 deve ser validada. Substituindo os valores, temos que:

$$0,15 > 0,05.$$

Como a inequação é validada, conclui-se que a plataforma é autotravante.

O próximo passo se dá por calcular o estado plano de tensões do fuso. Aplicando as variáveis encontradas nas equações 5, 6, 7, 8, 9 e 10, são determinados:

$$\begin{aligned} P_t &= 2433 N, \\ \sigma_x &= 2,06 MPa, \\ J &= 1,74 \cdot 10^{-7} m^4, \\ \tau_{xy} &= 1,10 MPa, \\ \sigma_{m\acute{a}x} &= 2,54 MPa, \\ \tau_{m\acute{a}x} &= 1,68 MPa. \end{aligned}$$

Ao comparar os resultados obtidos com os valores encontrados na literatura, verifica-se que as tensões normais e de cisalhamento máximas no fuso, respectivamente 2,54 MPa e 1,68 Mpa, estão muito abaixo do limite de escoamento do aço carbono 1045, que é de aproximadamente 250 MPa [11]. Isso indica que o componente opera com ampla margem de segurança, estando sujeito apenas a pequenas deformações elásticas durante o funcionamento.

Além disso, considerada a possibilidade de flambagem faz-se necessário o cálculo da carga crítica do fuso. Portanto, solucionando as equações 11 e 12, verificou-se que:

$$\begin{aligned} I &= 8,71 \cdot 10^{-8} m^4, \\ P_{cr} &= 14877 N. \end{aligned}$$

Sabendo que a carga total sobre o fuso é de 2433 N, observa-se que o valor obtido para a carga crítica de flambagem do fuso, 14877 N, é significativamente superior ao esforço aplicado durante a operação. Essa relação indica que o fuso opera com ampla margem de segurança em relação à instabilidade por flambagem.

Por fim, a potência do motor responsável pela movimentação da plataforma foi determinada pela equação 13, obtendo:

$$P_{mec} = 2105 W \approx 2,9 cv.$$

Contudo, considerando que o motor não opera com rendimento total, geralmente entre 85% e 90% [17], e que há perdas adicionais no sistema de transmissão, como atrito no fuso e folgas mecânicas, adota-se uma margem de segurança de aproximadamente 38% sobre a potência calculada. Assim, é selecionado um motor de 4 cv, o que garante reserva de torque suficiente para compensar variações nas cargas reais.

### B. Projeto mecânico

Com base nas informações obtidas nas etapas de projeto mecânico e dimensionamento, é elaborada a modelagem tridimensional da plataforma elevatória. O modelo é desenvolvido em submontagens, sendo elas a cabine de transporte (Fig. 3), a estrutura de sustentação (Fig. 4), o enclausuramento (Fig. 5), o carro de acionamento (Fig. 6) e o sistema de acoplamento (Fig. 7). Com essas partes desenvolvidas, torna-se possível a montagem do equipamento completo (Fig. 8).

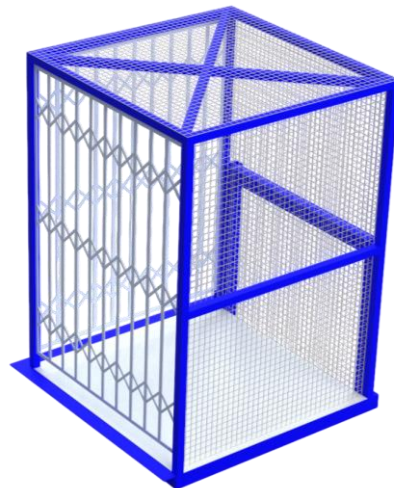


Fig. 3: Cabine de transporte.

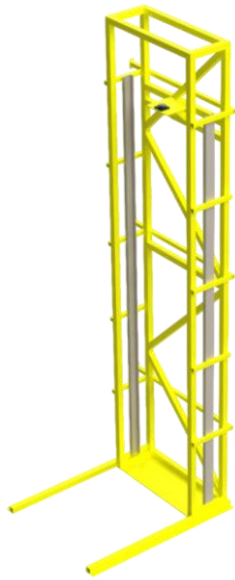


Fig. 4: Estrutura de sustentação.



Fig. 5: Enclausuramento da plataforma.

A partir do modelo tridimensional desenvolvido, é realizado o detalhamento 2D das peças que compõem a plataforma elevatória. O projeto mecânico, apresentado por completo no Apêndice A, facilita a construção do equipamento, já que os desenhos técnicos permitem a visualização individual de cada componente, suas dimensões, tolerâncias e modos de fixação. Esse conjunto de informações assegura maior precisão durante as etapas de fabricação, montagem e soldagem.

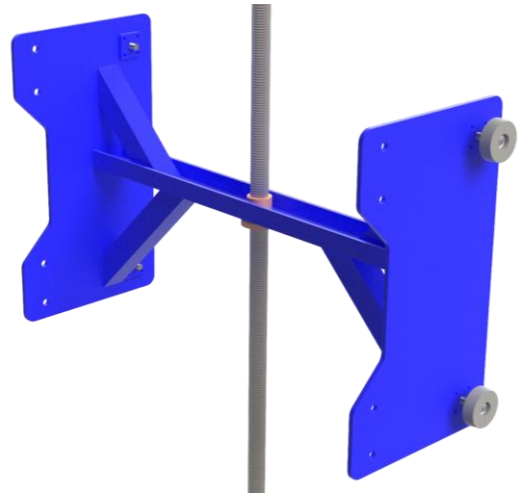


Fig. 6: Carro acionador.

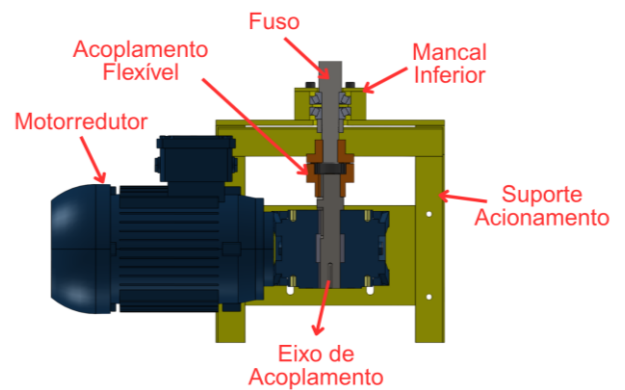


Fig.7: Sistema de acoplamento do fuso.



Fig. 8: Modelo 3D da plataforma elevatória.

### C. Simulações estruturais

Para validar o comportamento estrutural da plataforma, são realizadas simulações computacionais utilizando o módulo de análise estática do software *SolidWorks*. A

estrutura é submetida a uma carga distribuída equivalente a 150 kg, correspondente à carga máxima prevista de operação, aplicada sobre o piso da cabine. A simulação considera a condição mais crítica de funcionamento, com a plataforma alinhada ao pavimento superior.

A Fig. 9 apresenta o mapa de tensões equivalentes de von Mises obtido na análise. A tensão máxima registrada é de 36,9 MPa, valor significativamente inferior à tensão de escoamento do aço carbono 1020, material que compõe a estrutura, cujo limite de escoamento é de aproximadamente 250 Mpa [11]. Esse resultado confirma que o conjunto opera com margem de segurança.

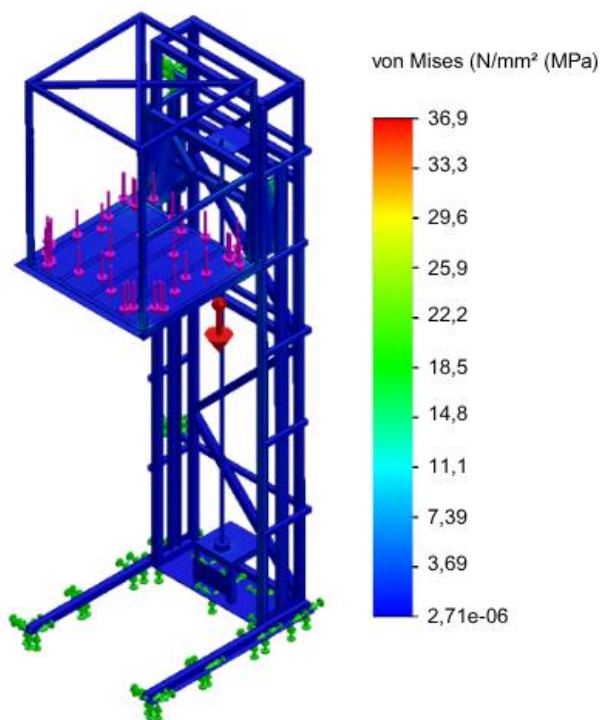


Fig. 9: Simulação de tensão de von Mises.

A Fig. 10 mostra o campo de deslocamentos resultantes, em que se observa um deslocamento máximo de 2,85 mm na região superior da cabine. Considerando as dimensões totais da plataforma, esse valor é praticamente desprezível, o que evidencia a rigidez estrutural e a estabilidade geométrica do sistema sob carga máxima.

Dessa forma, os resultados das simulações corroboram o dimensionamento teórico, demonstrando que o projeto apresenta resistência e estabilidade adequadas para as condições previstas de operação.

#### D. Projeto elétrico

Com base na metodologia proposta, é elaborado o projeto elétrico, o qual representa a integração entre os subsistemas elétricos, de comando e potência da plataforma elevatória. Esse arranjo descreve o funcionamento global do sistema além da interação entre o CLP, o inversor de frequência e os dispositivos de proteção e sinalização.

O projeto, indicado no Apêndice A, apresenta uma visão geral dos símbolos padronizados, o que facilita a interpretação e o entendimento do circuito. Além disso, são especificadas as conexões individuais de cada componente, com a devida numeração das fiações, o diagrama de bornes e o layout 2D da

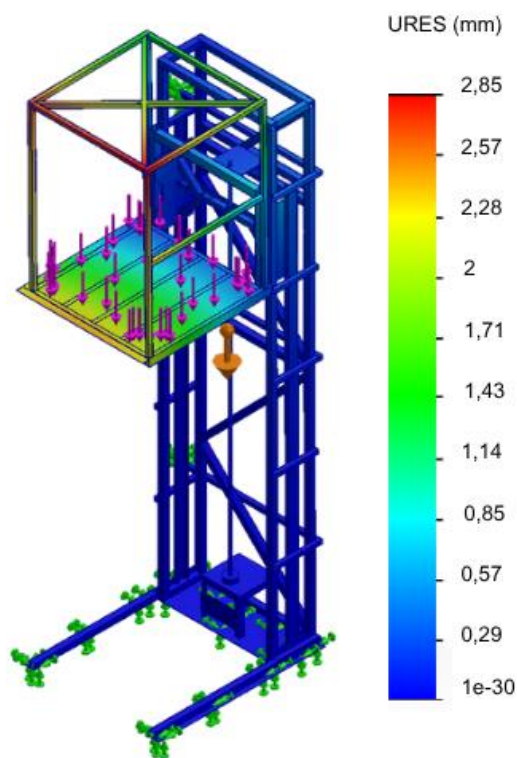


Fig. 10: Simulação de deslocamento.

placa do painel elétrico. Esses recursos garantem a clareza na montagem, organização e rastreabilidade dos circuitos durante a montagem e manutenções.

#### IV. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que os objetivos propostos neste trabalho foram alcançados, resultando em um projeto eletromecânico funcional e seguro para uma plataforma elevatória vertical para cadeirantes. O desenvolvimento contemplou todas as etapas necessárias, desde o levantamento de requisitos e dimensionamento mecânico até a modelagem 3D e simulações estruturais. Esses recursos evidenciam a viabilidade técnica e a conformidade com as normas de acessibilidade vigentes.

Dessa forma, o projeto apresenta condições adequadas para ser implementado no ambiente institucional, promovendo inclusão, autonomia e segurança aos usuários com mobilidade reduzida. Assim, a entidade torna-se ainda mais engajada na isonomia educacional da comunidade para com a qual faz uso.

#### V. REFERÊNCIAS

- [1] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **World Report on Disability**. Gênova: WHO, 2011.
- [2] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pessoas com deficiência**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- [3] BRASIL. **Lei no 10.098, de 19 de dezembro de 2000**. Diário Oficial da União, 2000. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l10098.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l10098.htm). Acesso em: 10 nov. 2025.
- [4] NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

- [5] MELLO, Artur Nunes. **Projeto de um sistema de elevação vertical de baixo custo para facilitação de acesso a pessoas com mobilidade reduzida na unidade Divinópolis do CEFET-MG**. Divinópolis: CEFET, 2022.
- [6] OLIVEIRA, Guilherme Icaro Andrade de. **Projeto de uma plataforma de elevação motorizada para pessoas com mobilidade reduzida**. Natal: UFRN, 2022.
- [7] LINSINGEN, Irlan Von. **Fundamentos de sistemas hidráulicos**. 1ª ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. v. 1.
- [8] NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9386-1 - Plataformas de elevação motorizadas para pessoas com mobilidade reduzida - Requisitos para segurança, dimensões e operação funcional Parte 1: Plataformas de elevação vertical**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- [9] NASIR, Nur Ashikin Mohd et al. **Electrical motors in the lift systems: a review**. International Journal of Power Electronics and Drive Systems, v. 15, n. 3, p. 1379–1386, 1 set. 2024.
- [10] COLLINS, Jack A. **Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- [11] HIBBELLER, R. C. **Resistência dos materiais**. 7ª ed. São Paulo: Pearson, 2010.
- [12] SMITH, William F.; HASHEMI, Javad. **Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais**. Porto Alegre: AMGH, 2012.
- [13] BRASIL. **NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Brasília, Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesoainformacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartitepartitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-10.pdf/view>>. Acesso em: 10 nov. 2025.
- [14] BRASIL. **NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Brasília, Brasil, 2022. Disponível em: < <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf>>. Acesso em 10 nov. 2025
- [15] CHEN, Mingxia; YIN, Juncheng; LIU, Fengming. **Design of elevator control system based on plc and frequency conversion technology**. Proceedings - 10th International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, ICMTMA 2018, v. 2018-January, p. 276–278, 12 abr. 2018.
- [16] ATI. **Fuso de Rosca Trapezoidal**. Curitiba: ATI, 2020.
- [17] FRANCHI, Claiton M. **Acionamentos Elétricos**. 3. ed. São Paulo: Editora Érica, 2008.

#### APÊNDICE A

Neste apêndice encontram-se disponibilizados os arquivos digitais referentes aos projetos desenvolvidos neste trabalho, a saber:

- Projeto mecânico (modelagem 3D e detalhamento 2D);
- Projeto elétrico (diagramas e layout do painel);
- Projeto de programação (lógica do CLP).

Os arquivos estão armazenados em repositório em nuvem e podem ser acessados por meio do link a seguir:

[https://drive.google.com/drive/folders/1ReOPpQhv70n\\_afNRbDTIxxkTIIvmI4bh6?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1ReOPpQhv70n_afNRbDTIxxkTIIvmI4bh6?usp=sharing)