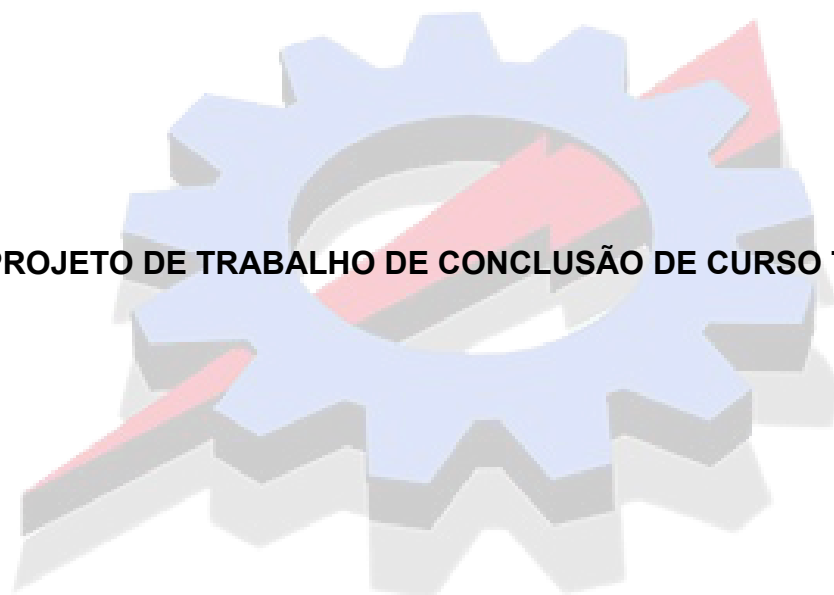


ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT

TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA

PROJETO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO TÉCNICO



SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LINHA DE VIDA

ALINE RAMOS DA CRUZ

ANDREAS VARGAS

KAUÃ TECH

SÃO LEOPOLDO

2025

ALINE RAMOS DA CRUZ

ANDREAS VARGAS

KAUÃ TECH

SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LINHA DE VIDA

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso Técnico apresentado ao Curso de Eletrotécnica da Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt como requisito para aprovação nas disciplinas do curso sob orientação do professor Adriano Santos e coorientação da professora Letícia Antonioli.

SÃO LEOPOLDO

2025

RESUMO

Perante o ambiente de silagem, as estruturas metálicas armazenadoras representam um elemento significativo para economia brasileira, porém não estão isentas de acidentes, logo dispositivos de segurança são necessários e estes podem ser aprimorados de forma automatizada visando maior eficiência em prestar serviços de segurança. A par desta situação, a automatização de sistemas de segurança para linha de vida torna-se relevante para desenvolvimento técnico a fim de melhorar as condições de trabalho nesta área. Com esta proposta, o objetivo deste trabalho visa o desenvolvimento de tal sistema para fins de preservação da integridade dos operadores. Com presença de possibilidades de acidentes fatais ainda com dispositivos de segurança aplicados, a fabricação de um sistema que aprimore e reduza tais riscos, se torna justificável pelo fato de melhorar a indústria de grãos, setor de silagem e armazenamento. A coleta de dados através de pesquisas em artigos de sites atrelados a este ambiente de trabalho, segue de forma exploratória a fim de adquirir conhecimento necessário sobre tal área, aspectos, normas envolvidas, segurança e as estruturas de armazenamento, abordando de forma qualitativa, visando destacar os pontos mais relevantes referentes a este assunto, como os próprios silos de grãos. Seguindo este modelo de pesquisa, espera-se que este projeto tenha relevância no meio industrial para fins voltados para a segurança, de forma que fatores como o tempo de resgate e taxa de risco sejam, no mínimo, reduzidos de forma significativa e que traga a diferença para o interior deste setor. Com isto em mente, esperamos que este projeto seja uma possível solução para empresas que buscam uma forma automatizada de operar com segurança e confiança.

Palavras-chave: segurança; setor de armazenamento e silagem; indústria; automatização; linha de vida.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Silo vertical e suas partes	15
Figura 2 – Nível de paletas rotativas elétrico	16
Figura 3 – Dados ilustrativos para cálculo da linha de vida horizontal	17
Figura 4 – Dados ilustrativos da deformação elástica do cabo	18
Figura 5 - Cálculo do cabo submetido a força P	18
Figura 6 - Determinação das grandezas	19
Figura 7 - Determinação da variação do comprimento do cabo	19
Figura 8 - Calculando alongamento d_2	19
Figura 9 - Determinando a altura da queda	20
Figura 10 - trava-quedas	21
Figura 11 - Rosqueando o trava-quedas	21
Figura 12 - Linha de vida trava-quedas retrátil em escada	22
Figura 13 - Comparação entre o tempo de acesso	23
Figura 14 - Motor de passo 28BYJ	25
Figura 15 - Driver ULN2003	26
Figura 16 - Cabo jumper	26
Figura 17 - Arduino UNO	27
Figura 18 - Esquema elétrico	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estado da Arte	13
Tabela 2 – Cronograma	29
Tabela 3 – Recursos	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abrev.	Abreviada
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
BDE	Blog da Engenharia
NR	Norma Regulamentadora
ZLQ	Zona Livre de Queda

LISTA DE SÍMBOLOS

m = Metros	17
h = Altura	17
kg = Massa	17
ZLQ = Zona Livre de Queda	17

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO	9
1.2 PROBLEMA	9
1.3 OBJETIVOS	9
1.3.1 Objetivo Geral	9
1.3.2 Objetivos Específicos	9
1.4 JUSTIFICATIVA	10
2 ESTADO DA ARTE	
2.1 LINHA DE VIDA HORIZONTAL	
2.2 LINHA DE VIDA VERTICAL TRAVA-QUEDAS PARA CABO DE AÇO 8MM	
2.3 LINHA DE VIDA VERTICAL TRAVA-QUEDAS RETRÁTIL	
2.4 SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LINHA DE VIDA	11
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
4 METODOLOGIA	13
4.1 TIPO DE PESQUISA	13
4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES	13
4.3 ESQUEMA ELÉTRICO	13
4.4 PROGRAMAÇÃO	13
5 CRONOGRAMA	14
6 RECURSOS	15
7 RESULTADOS ESPERADOS OU PARCIAIS	16
REFERÊNCIAS	17
ANEXOS	18

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, há estados produtores de grãos em larga escala como o Mato Grosso, sendo o maior produtor do país, tendo em média uma participação de 30,2% na produção de grãos, juntamente com São Paulo (com alta de 24,6%), Minas Gerais, maior produtor de café (28,1%) em 2022 e o Rio Grande do Sul com 71,2% de participação nacional na produção de arroz em 2021, segundo IBGE (2024).

Embora as produções se destaquem por seu volume e qualidade, os trabalhadores não estão isentos dos riscos presentes em tal ambiente. Em 2017, foram registrados 25 óbitos no decorrer do ano, sendo este o mais mortífero comparado a 2013 (15 óbitos), 2015 (aproximadamente 12 a 13 óbitos) e 2018 (12 a 13 também), de acordo com BDE Blog da Engenharia (2021). Em meio aos campos econômicos do Brasil, o setor de armazenagem fica entre os 25% em campos econômicos mais mortais para trabalhadores no Brasil. Isso representa 13 mortes a cada 100 mil trabalhadores, segundo a BBC News Brasil (2018). Embora o número de óbitos pareça pequeno, eles representam vidas perdidas em campo, motivo suficiente para elaboração de melhorias na segurança para com os operários.

À vista dos argumentos apresentados, esta alta produção depende dos famosos silos para se manter, logo, nosso projeto tem como objetivo aprimorar a segurança já presente no ambiente de trabalho das estruturas, uma vez que estas possuem alta taxa de risco para acidentes fatais.

Um dos métodos de segurança nos silos de grãos é conhecido como "linha de vida", uma técnica utilizada por dois trabalhadores presentes no ambiente próximo ao interior da estrutura do silo, um deles permanece no topo, distante da entrada, e este tem como responsabilidade garantir a segurança do operador que está realizando a manutenção por meio de uma estrutura com roldana e uma corda acoplada em seu cinto, no interior do silo e caso há percepção de um possível acidente, o operador acima tem como dever puxar o que está abaixo, por conta e em algumas situações, ele recebe ajuda de outros operadores para resgatar o colega. Temos por finalidade automatizar este método para agilizar o resgate dos operadores de acidentes como o soterramento e escorregão por grãos. Considerando estes fatores, destacamos o foco principal do projeto, se é possível

automatizar o método de segurança mencionado para melhorar as condições de segurança, principalmente com foco em apressar o resgate do acidentado.

1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

O Sistema Automatizado para Linha de Vida consiste na automação do método de segurança em silos de grãos conhecidos como “linha de vida”, responsável pela segurança de um operador no interior da estrutura, que atualmente é executado de forma totalmente manual a qual procuramos substituir por um sistema que possa automatizar o processo.

1.2 PROBLEMA

É viável o desenvolvimento de um sistema capaz de automatizar a técnica de segurança conhecida como “linha de vida” e tornar mais eficaz as condições de segurança e a integridade dos operadores envolvidos?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Elaboramos um dispositivo elétrico com arduíno, que pode ser capaz de substituir a operação manual da técnica de segurança propriamente dita com o objetivo de aprimorar e melhorar as circunstâncias de trabalho.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Efetuamos pesquisas para coletar informações relevantes para o projeto com o intuito de comparar as características do método manual em relação ao sistema automatizado proposto;

2. Executamos testes e estudos em relação ao funcionamento elétrico do projeto;
3. Pesquisamos sobre o ambiente de trabalho de um silo de grãos, como sua infraestrutura e riscos à saúde.

1.4 JUSTIFICATIVA

O motivo da escolha do tema para este projeto se deve ao fato da presença de possibilidades de acidentes fatais que colocam em risco a integridade de pessoas que trabalham no setor de armazenagem de grãos. Os fatos apresentados anteriormente reforçam a necessidade de melhorias a respeito da segurança pré-existente nas estruturas, a fim de preservar as vidas de inúmeras pessoas envolvidas com este serviço. A escolha deste tema foi através de pesquisas relacionadas aos setores industriais brasileiros, agricultura de nosso país e também por conta de acidentes pertencentes a essas áreas. A relevância desta pesquisa se mantém pelo fator chave, o foco principal deste projeto, que é a redução no tempo de resgate dos acidentados, tendo por finalidade atrasar condições como a hipóxia cerebral, causada pela falta de oxigênio no cérebro, uma vez que os grãos, como a soja, pode liberar o gás amônia quando entra em contato com umidade, tal elemento pode provocar desmaios de 17 segundos caso seja inalado. À luz desses fatos, visamos acelerar o resgate de acidentados para evitar tragédias, aprimorando a técnica de segurança anteriormente dita (linha de vida), reduzindo o tempo do resgate e levando a automatização para este setor tão importante para os brasileiros, tanto trabalhadores, quanto consumidores.

2 ESTADO DA ARTE

Tabela 1 - Estado da Arte

Pesquisa	Autoria	Data de publicação
Linha de Vida Horizontal e a importância do seu cálculo	Evandro Brito	04/08/2021
Linha de Vida Vertical trava-quedas para Cabo de Aço 8mm	Fechado com a Segurança	01/06/2018
Linha de Vida Vertical trava-quedas Retrátil	Atlas Safe	26/02/2024

Fonte: os autores (2024)

2.1 LINHA DE VIDA HORIZONTAL

A linha de vida horizontal se destaca pelo seu uso em superfícies horizontais, como telhados, andaimes e até mesmo caminhões. Esta variante da linha de vida é a mais comum entre os serviços em altura e apresenta uma equação importantíssima que informa sobre o modo correto de utilização, considerando fatores como a seção do cabo, material, deformação elástica, etc.

2.2 LINHA DE VIDA VERTICAL TRAVA-QUEDAS PARA CABO DE AÇO 8MM

A linha de vida vertical trava-quedas para cabo de aço 8mm, tem sua função aplicada em trabalhos em altura relacionados ao deslocamento em escadas, superfícies verticais e os próprios silos de grãos. Seu sistema de segurança é o trava-quedas , um dispositivo metálico não elétrico que tem por objetivo travar o deslocamento do operador através do cabo de aço por meio de uma trava que detecta a diferença de aceleração, quando o operador está para sofrer queda livre, e então o trava-quedas ativa-se e impede o acidente.

2.3 LINHA DE VIDA VERTICAL TRAVA-QUEDAS RETRÁTIL

Muito parecido com o sistema anterior, o trava-quedas retrátil, também é utilizado nos meios citados anteriormente, porém seu sistema traz maior mobilidade nos ambientes de risco operacionais e maior conforto ao trabalhador.

2.4 SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LINHA DE VIDA

Esta variante, tem por objetivo aprimorar, em geral, o dispositivo linha de vida, de forma que haja maior velocidade no deslocamento dos operadores, maior segurança e por último, se possível, maior conforto. O sistema automatizado visa substituir algumas funções exercidas por dois operários no momento de realizar algum serviço em altura, como por exemplo e com principal foco, os silos de grãos. Passo Fundo, Canoas, são exemplos de produtoras de grãos sendo Canoas, representada pela Bianchini, empresa cujo se destacou em 2021 em suas produções “Os embarques de soja cresceram 20% em volume físico, robustecendo sua posição entre os maiores exportadores brasileiros de soja em grão, farelo e óleo. Em faturamento, o salto empreendido pela Bianchini foi de impressionantes 95,9%, o que colocou sua receita líquida em um patamar de quase R\$ 8,6 bilhões.” (ESBER, 2023).

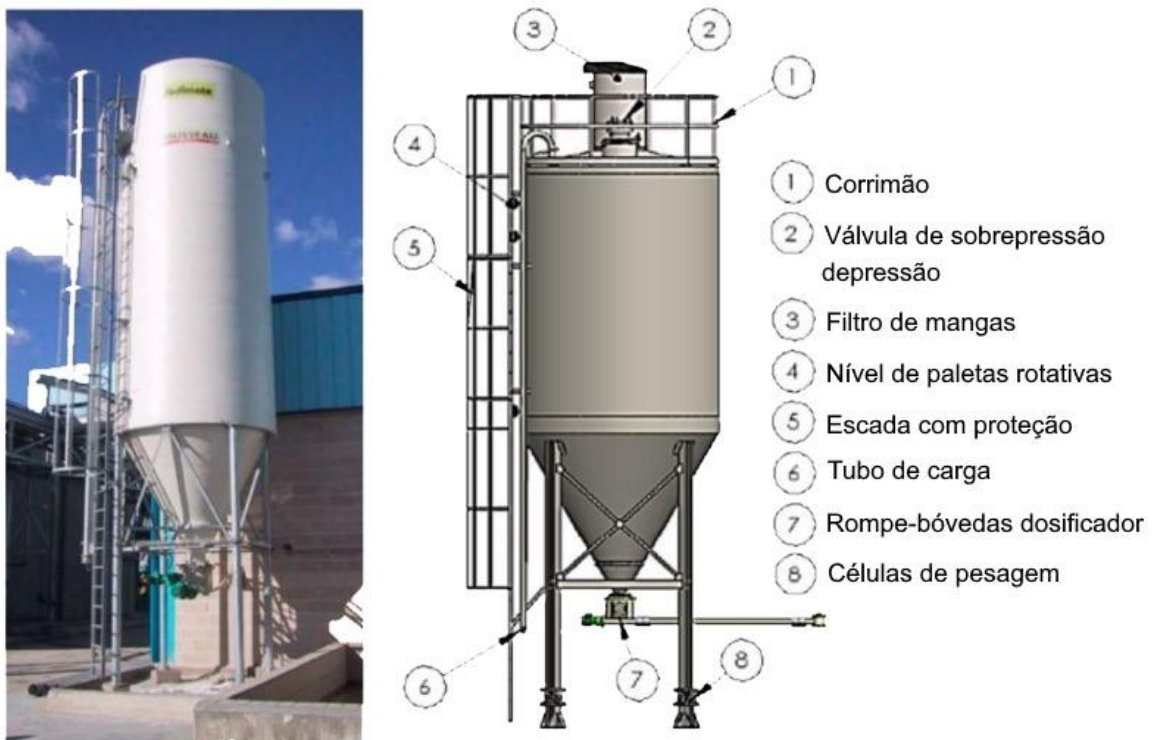
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 SILO DE GRÃO

Um silo de grão é uma estrutura alta, robusta, resistente e selada, feita unicamente para armazenar diversos tipos de grãos. São posicionados em fileiras e são conectados por grandutos (dutos transportadores de grãos). Os silos são divididos em diversos tipos, sendo eles trincheira, superfície, bag, bunker, entre outros. O mais utilizado é o silo do tipo vertical, caracterizado pelo seu formato de funil, fácil acesso e tamanho compacto para indústrias, pequenos sítios e fazendas.

Conhecidos como silos aéreos ou silos verticais, eles se destacam no cenário agrícola pela sua capacidade de maximizar o espaço vertical. Isso porque sua construção elevada permite uma armazenagem eficiente em áreas nas quais o espaço horizontal é limitado. Eles são ideais para guardar grandes quantidades de grãos, pois seu design facilita tanto a conservação quanto o processo de carga e descarga. (SANSUY, 2024).

Figura 1 - Silo vertical e suas partes



Fonte - Inesa Tech (s.d)

As partes mais importantes que se destacam em um silo vertical, são:

3.1.1 Válvula de Sobrepressão

Tem como objetivo expelir a pressão excessiva no interior do silo, a fim de evitar um ambiente pressurizado pelos gases liberados pelos grãos.

3.1.2 Filtro de mangas

Já este, é responsável pela filtragem de qualquer elemento sólido invasor, ou seja, ele impede que sólidos pequenos presentes no ar atmosférico invadam o interior do silo, sendo basicamente um filtro de pó/poeira.

3.1.3 Nível de paletas rotativas

Este dispositivo detecta a presença ou ausência do alimento no interior do silo, quando sua paleta rotativa é acionada, ela realiza um movimento rotatório e por meio da energia mecânica produzida, por várias e várias voltas até o movimento ser impedido pela capacidade máxima de grãos, o dispositivo emite um sinal de alarma o qual significa que o compartimento está cheio.

Figura 2 - Nível de Paletas Rotativas Elétrico



Fonte - Direct Industry (s.d)

3.1.4 Tubo de carga:

Como seu nome sugere, o tubo de carga é responsável por mediar a transferência de grãos entre o silo e um caminhão ou unidade de carga.

3.1.5 Rompe Bóvedas:

Este dispositivo é utilizado para romper grãos acumulados em formas de arcos dentro do silo, os quais impedem o fluxo de transferência para o

dosificador, ou seja, o rompe bóvedas é utilizado para garantir um melhor fluxo de grãos durante o processo de dosagem.

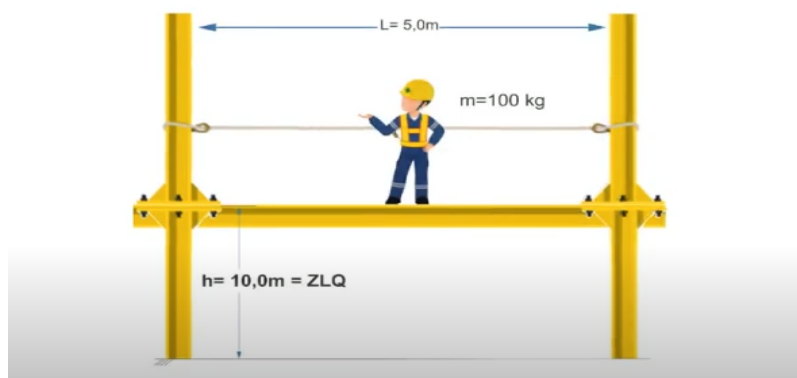
3.1.6 Dosificador

Este possui a função de dosar a quantidades precisas dos grãos no momento em que é preciso recolher grãos para consumo, venda, etc.

3.2. DIFERENTES LINHAS DE VIDA

3.2.1 Cálculo da linha de vida horizontal

Figura 3 - Dados ilustrativos para o cálculo da linha horizontal



Fonte: Evandro Brito, de Engenharia SESMT (2021)

A linha de vida é dividida em dois tipos diferentes, vertical e horizontal, sendo a horizontal, utilizada em telhados, andaimes e caminhões. Independente do local ou situação que for usada, a linha de vida horizontal precisa de seu cálculo para uma instalação efetiva, para determinar uma zona de queda livre segura (ZLQ).

3.2.1.1 Calculando a linha de vida horizontal

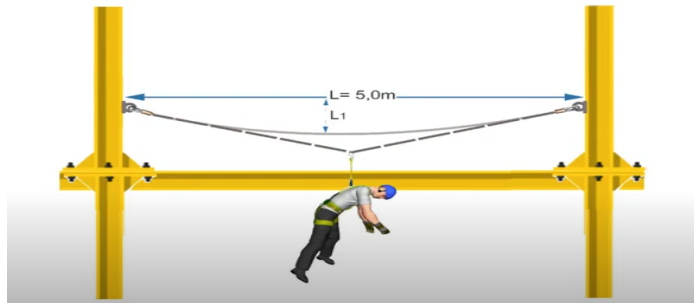
Considerando os seguintes dados:

Sendo L, o vão, que representa a distância entre os pontos de ancoragem= 5m

Sendo m, a massa do operador = 100kg

Sendo h, a ZLQ (Zona Livre de Queda), a altura entre a plataforma e o operador está em pé e o chão= 10m.

Figura 4 - Dados ilustrativos de deformação elástica do cabo



Fonte - Evandro Brito, de Engenharia SESMT (2021)

Considerando o material de aço da classe 6/19 com alma de fibra com 8mm de diâmetro para o cabo da linha de vida horizontal.

Observando a imagem, o vão entre os pontos de ancoragem, é de 5m, a distância do cabo (L1 ou d1), representa o estado inicial da mesma em relação a linha do vão ilustrada pelas setas e também é onde o operador ainda está de pé na estrutura.

Quando ele cai, há uma nova distância entre o cabo e a linha do vão (L2 ou d2), então o primeiro passo para calcular, é determinar o valor de L1, este sendo recomendado ter um valor acima de $L = 5m + 3\%$ ou seja, $L1 \geq L + 3\%$, por conta da deformação elástica do material que precisará resistir a uma força X para sustentar o operador.

1º passo:

$$L1 = L + 3\% \\ = 5 + 0,03$$

$$L1 = 5,15m$$

2º passo:

Alongamento do Cabo submetido a força P (Peso):

Figura 5 - Cálculo do Cabo submetido a força P

$$\Delta L = \frac{PL_1}{EA_c}$$

ΔL = Alongamento do cabo submetido a uma força P
P = Força Peso
L1 = Comprimento do cabo
Ac = Área metálica do cabo
E = Módulo elástico do cabo

Fonte - Evandro Brito, de Engenharia SESMT (2021)

Figura 6 - Determinação das grandezas

$$\begin{aligned}
 P &= m \cdot g \\
 P &= 100 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \\
 P &= 980 \text{ (kg} \cdot \text{m/s}^2) \\
 P &= 980 \text{ N}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 L_1 &= 5,15 \text{ m}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 A_c &= F \cdot D^2 \\
 A_c &= [0,416 \cdot (8\text{mm})^2] \\
 A_c &= 27 \text{ mm}^2 (\text{aprox.})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= 8.500 \text{ Kgf / mm}^2 \\
 E &= 833 \text{ kN / mm}^2
 \end{aligned}$$

Fonte - Evandro Brito, de Engenharia SESMT (2021)

Figura 7 - Determinação da variação de comprimento do Cabo

$$\begin{aligned}
 \Delta L &= \frac{PL_1}{EA_c} \\
 \Delta L &= \frac{(100 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2) (5,0 \text{ m})}{(833 \text{ kN/mm}^2 \cdot 27 \text{ mm}^2)} \\
 \Delta L &= 0,2179 \left(\frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{mm}^2} \right)
 \end{aligned}$$

Fonte - Evandro Brito, de Engenharia SESMT (2021)

3º passo:

Agora, devemos calcular o deslocamento no ato da queda, a fim de certificar de que o cabo escolhido, nas devidas proporções e condições exigidas, suporte a

Figura 8 - Calculando o alongamento d2 que o cabo sofrerá

$$d2 = \sqrt{\left(\frac{L1 + \Delta L}{2}\right)^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2} \quad d2 = \sqrt{\left(\frac{5,15m + 0,2179m}{2}\right)^2 - \left(\frac{5,0m}{2}\right)^2}$$

$$d2 = 0,97m$$

Fonte - Evandro Brito, de Engenharia SESMT (2021)

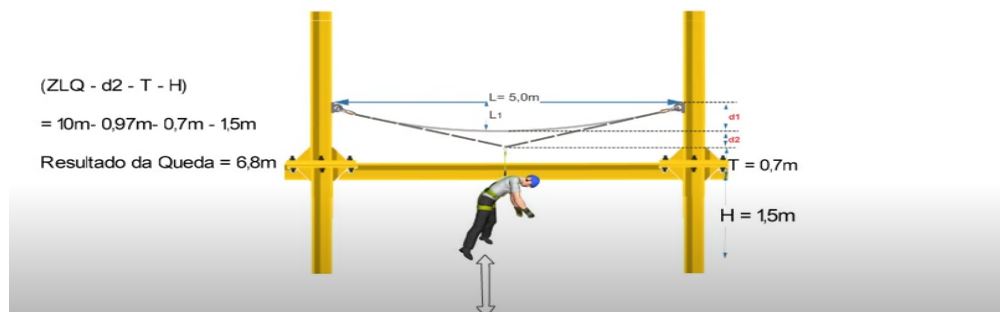
força Peso aplicada em si quando o operador cair da plataforma e provocar a deformação elástica no cabo.

Após calcularmos este alongamento, devemos considerar as outras “distâncias” presentes no meio em que o operador está presente, para definirmos o Resultado da Queda (RQ). Sendo:

T = Comprimento do talabarte = 0,7m

H = Comprimento do cinto de segurança dorsal até os pés do trabalhador = 1,5m

Figura 9 - Determinando a altura da queda



Fonte - Evandro Brito, de Engenharia SESMT (2021)

Observando, vemos que o operador sofrerá uma queda de 6,8m a partir da plataforma. Ao par deste valor, notamos que a ZLQ = 10m, não será ultrapassada, logo o operador não sofrerá impacto no solo, faltando 3,2m para alcançar o solo.

Este tipo de cálculo, se aplica apenas a linhas de vida horizontais e com ele, podemos ter noção da classe de cabo que devemos usar, o material e seu comprimento, com a principal finalidade de evitar acidentes de queda livre.

3.2.2 Linha de vida vertical retrátil trava-quedas para cabo 8mm²

Este tipo de linha de vida, é utilizada principalmente em escadas tipo marinheiro, atuando quando já há presença de uma linha de vida vertical na

escada. O trava-quedas para cabo de aço 8mm é instalado em acessos para lugares altos com cerca de 30 metros de altura, os quais são tratados diretamente pela NR 35, a norma regulamentadora que trata acerca de condições e segurança em ambientes de trabalho altos acima de 2 metros. No item 35.6.10 da NR 35, nos diz que deve-se instalar trava-quedas deslizante e este deve ser compatível com a linha de vida, neste caso, o cabo de 8mm.

Figura 10 - trava-quedas



Fonte: Fechado com a Segurança (2018)

O trava-quedas deve ser desrosqueado e destravado a partir do ato de levantar a argola que segura suas correntes, com isto, ele está aberto e pronto para receber o cabo de 8mm. Após o encaixe do cabo, deve-se conectar os pinos da ferramenta em seus devidos lugares e então o trava-quedas precisa ser rosqueado para fechar e acionar seu mecanismo de travamento.

Figura 11 - Rosqueando o trava-quedas



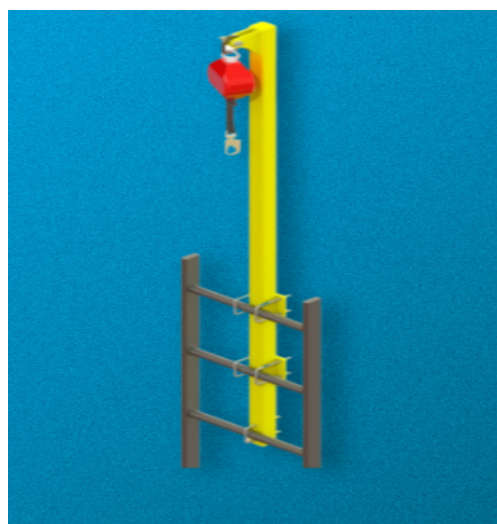
Fonte - Fechado com a Segurança (2018)

Tendo executado estes passos, o trava-quedas está devidamente instalado e pronto. As vantagens desta ferramenta, são dadas pelo fator de queda = 0, mobilidade do operador, resistência à tensão, resistência mecânica e seu mecanismo de travamento, o qual ativa um sistema de freio que abraça o cabo de aço quando este mecanismo recebe vibrações causadas pelo aumento drástico de velocidade provocados por uma queda.

3.2.3 Linha de vida trava-quedas retrátil

Semelhante ao trava-quedas para cabo de 8mm, o trava-quedas retrátil se diferencia pelo seu sistema retrátil que permite melhor mobilidade ao operador, não depende de linha de vida pré-instalada e opera com uma mecânica parecida com a do trava-quedas para cabo de 8mm, pois quando há uma diferença drástica de velocidade e força peso, a tensão gerada no cabo do dispositivo aciona sua trava interna, promovendo a execução do sistema trava-quedas. A linha de vida retrátil é mais simples de instalar e entrega uma liberdade de movimentação maior e pode servir tanto para locais com ancoragem horizontal, quanto para ancoragem vertical.

Figura 12 - Linha de Vida trava-quedas Retrátil em escada

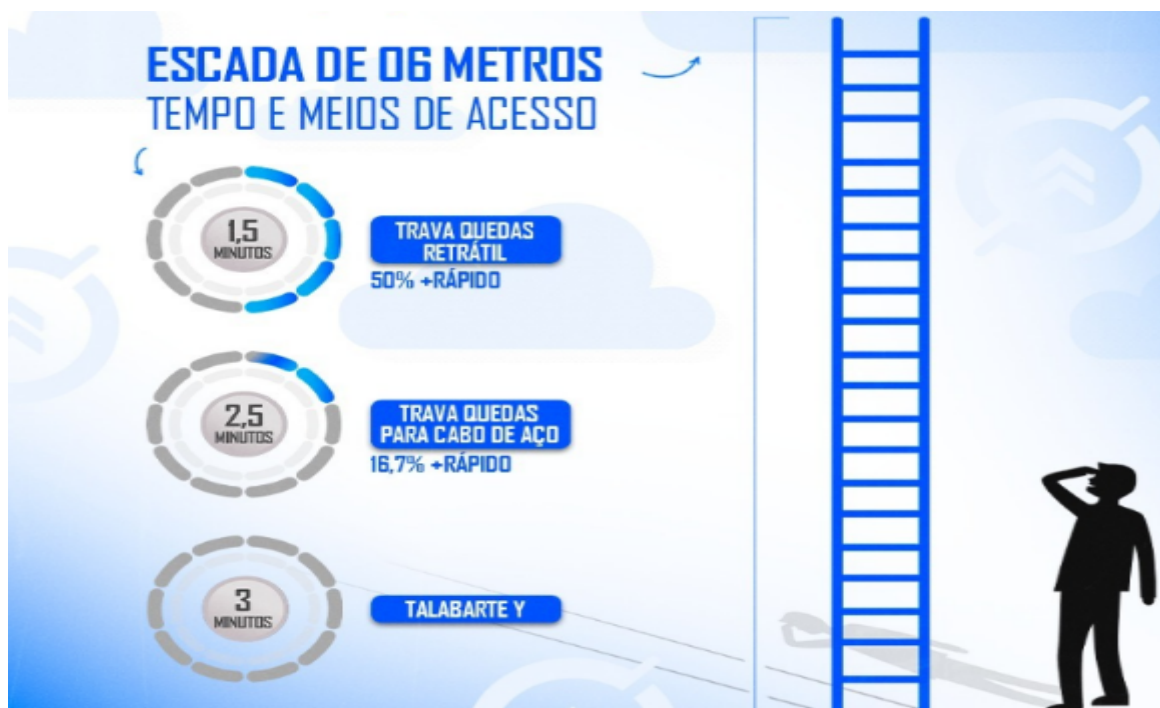


Fonte - Atlas Safe (2024)

Fabricado pela Atlas Safe, este modelo é destinado para o uso em escadas do tipo marinheiro, proporcionando maior segurança e fácil acesso. Segundo a Atlas Safe, em relação ao tempo de subida ou descida (em geral, tempo de acesso) é 50% mais veloz comparado com outros equipamentos, tais como o talabarte Y e o trava-quedas para cabo de 8mm. Em relação ao talabarte Y, este é o menos recomendado para se utilizar, pois não acompanha linha de vida e também não é preciso utilizá-lo quando há presença de uma, de qualquer forma, o talabarte Y apenas se aplica a escadas que não possuem linha de vida, mas acima de 6 metros, optar por executar uma subida por meio deste talabarte, apresenta riscos significativos.

Trava-quedas retrátil: Considerada a solução mais segura, a utilização não depende do usuário por apresentar o fator de queda sempre zero. Além disso, este trava-quedas utilizado nas escadas tipo marinheiro com trava-quedas da Atlas Safe. (ATLAS SAFE, 2024)

Figura 13 - Comparação entre o tempo de acesso de cada equipamento



Fonte - Atlas Safe (2024)

4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste projeto, todas as informações, pesquisas e estudos, foram construídos a partir de pesquisa exploratória e explicativa, com o objetivo de absorver conhecimento maior referente aos silos, métodos de segurança e também de melhor explicar as técnicas de segurança utilizadas. Através de pesquisas em artigos de sites confiáveis como IBGE, dados coletados de engenheiros e canais dedicados a este tema e tais informações coletadas são discutidas e filtradas em grupo e posteriormente adicionadas com suas devidas referências. O tema deste trabalho, se baseia em conhecimentos do meio eletrotécnico, silagem, armazenamento e normas regulamentadoras. A construção e programação do protótipo será feita com o auxílio de nosso orientador, juntamente dos componentes elétricos responsáveis pelo sistema. O protótipo será totalmente representativo, baseado em uma maquete que retrata o ambiente de silagem e armazenamento industrial a fim de demonstrar a funcionalidade do sistema automatizado para linha de vida.

4.1 TIPO DE PESQUISA

Exploramos de forma aprofundada os termos e conceitos de determinado tema a fim de obter a melhor compreensão dos fatos e melhor domínio perante a posse dessas informações, ou seja, utilizamos a pesquisa exploratória para realizarmos tal obtenção de dados. Esse método de pesquisa foi utilizado neste trabalho, para adquirir conteúdo relevante para ele, trazer mais visibilidade para este ambiente de trabalho e destacar pontos importantes sobre os elementos presentes neste projeto, como os dispositivos utilizados para executar a linha de vida, principais normas utilizadas e composição das estruturas (silos), como por exemplo no capítulo 3, item 3.1.2. Além da pesquisa exploratória, a pesquisa explicativa também está presente neste trabalho e tem seu papel importante: explicar. Utilizando o que foi coletado através da pesquisa exploratória, esta por

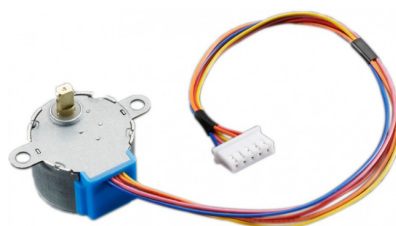
sua vez, foi utilizada para detalhar os dados e explicá-los para melhor entendimento sobre o que está sendo dito. O item 4.2 do capítulo 4, também se encaixa neste modelo, já que, os componentes usados para compor o protótipo, são explicados. No item 3.1.2 do capítulo 3, também fazem parte deste método de pesquisa. De forma geral, a abordagem qualitativa foi usada para, principalmente destacar o funcionamento interno das instalações e processos básicos da silagem e armazenamento, porém com o foco, sobretudo, nos dispositivos de segurança operados.

4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES

4.2.1. Motor de passo

Este tipo de motor é usado principalmente para estabelecer giros em ângulos precisos, os quais motores maiores não conseguem executar. O motor de passo pode ser programado ao se conectar a um driver é um arduino, por exemplo. Neste projeto, o motor de passo irá desempenhar um papel importante, já que ele será a representação central do sistema automatizado para linha de vida.

Figura 14 - Motor de Passo 28BYJ

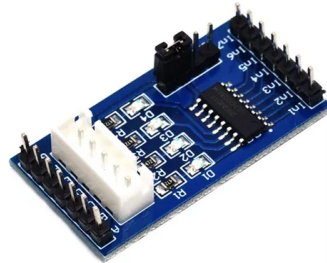


Fonte - Crea Electronics (2022)

4.2.2. Driver

Este componente é quem possibilita a conexão do motor de passo ao arduino, pois ele é a ponte entre a programação do arduino e o motor. O driver envia pulsos elétricos traduzidos de comandos digitais programados anteriormente para o motor, determinando a quantidade de passos que ele deve dar para cumprir a função programada.

Figura 15 - Driver ULN2003



Fonte - Mercado Livre (2023)

4.2.3. Cabos Jumpers Macho-fêmea

Os cabos jumpers estabelecem a conexão entre os componentes, permitindo a passagem de corrente elétrica entre os mesmos. São essenciais para o funcionamento do sistema.

Figura 16 - Cabos Jumpers



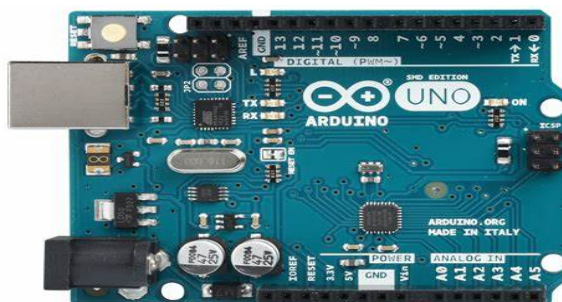
Fonte - Electrofun (2017)

4.2.4. Arduino

Assim como uma placa-mãe, o arduino é o cérebro de um sistema eletrônico e tem por finalidade fazer com que todos os elementos elétricos se comuniquem entre si. Este dispositivo programável é utilizado para desenvolver

sistemas automatizados programados como pequenos LEDs e o próprio motor de passo. Utilizaremos este componente principal para a programação de todo o sistema do protótipo

Figura 17 - Arduino UNO



Fonte - Reichelt (2016)

4.3 ESQUEMA ELÉTRICO

Figura 18: Esquema elétrico referencial

Fonte: Os autores (2024)

5 CRONOGRAMA

Tabela 2 - Cronograma

2025	MA R	ABR	MAI	JUN	JUL	AG O	SET	OU T	NO V
Escolha do tema	X								
Levantamento de literatura científica	X								
Introdução			X						
Tema	X								
Problema	X								
Objetivos	X								
Justificativa			X						
Estado da Arte					X				
Fundamentação teórica						X			
Metodologia						X			
Cronograma									
Recursos					X				
Resultados esperados ou parciais						X			
Referências						x			
Avaliação do CRC							x		
Produção do Banner								X	
26ª Exposchmidt									X

Fonte: os autores (2025)

6 RECURSOS

Tabela 3 - Recursos

Material	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)	Fonte	Data
Motor de passo + Driver	25	1	25	Mercado Livre	10/04
Cabos Jumpers Macho e Fêmea	15,19	1	15,19	Mercado Livre	10/04
Arduíno Uno	45,99	1	45,99	Mercado Livre	01/05
Valor final: R\$85,18 + Frete (R\$16,93) = R\$102,11					

Fonte: os autores (2025)

7 RESULTADOS PARCIAIS

Nosso protótipo apresenta ótimos resultados, a programação do arduino com os diversos componentes conectados funciona devidamente, seus botões operando normalmente e com respostas rápidas do motor de passo. O circuito entrega com sucesso o propósito pelo qual foi desenvolvido, fazendo com que possamos demonstrar ao público adequadamente como cada etapa é realizada de acordo com nosso planejamento.

REFERÊNCIAS

- ATLAS SAFE. **Atlas Safe**. [S.l.]. Atlas Safe, ?. Disponível em: <https://atlassafe.com.br/linha-de-vida-vertical-tipos-instalacao-e-seguranca/>. Acesso em: 23 jul. 0004.
- BDE. **Blog da Engenharia**. [S.l.]. BDE, 2021. Disponível em: <https://blogdaengenharia.com/engenharia/acidentes-e-mortes-em-silos-de-graos-do-brasil/>. Acesso em: 7 ago. 2024.
- CÁLCULO de linha de vida horizontal. Youtube, 2021. 1 vídeo (16:22).
- Publicado pelo EngBahia SESMT - Oficial**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RqEV2cXqluA&t=5s>. Acesso em: 20 jul. 2024.
- CLEYTON VILARINO. **Globo Rural**. [S.l.]. Globo, 2024. Disponível em: Globo Rural > <https://globorural.globo.com/negocios/noticia/2024/05/armazem-da-bianchini-com-100-mil-toneladas-de-soja-se-rompe-apos-enchente-em-canoas.ghtml>. Acesso em: 5 ago. 2024.
- EUGÊNIO ESBER. **Grupo AMANHÃ**. [S.l.]. Grupo AMANHÃ, 2023. Disponível em: Grupo AMANHÃ:> <https://amanha.com.br/categoria/500-maiores-do-sul/um-vento-favoravel-par-a-a-bianchini>. Acesso em: 5 ago. 2024.
- IGOR FERREIRA. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**. [S.l.]. Estatísticas Econômicas, 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37894-em-2022-sorriso-mt-manteve-a-lideranca-na-producao-agrícola>. Acesso em: 20 jul. 2024.
- SANSUY. **Grupo Sansuy**. [S.l.]. Sansuy, 2024. Disponível em: Grupo Sansuy> <https://blog.sansuy.com.br/tipos-de-silo-saiba-mais-sobre-o-assunto/>. Acesso em: 21 jul. 2024.
- VOCÊ sabe como utilizar o trava-quedas ?. Youtube, 2014. 1 vídeo (16:22).
- Publicado pelo Fechado com a Segurança**. Disponível em: <https://youtu.be/UuXynD5xUAY>. Acesso em: 21 jul. 2024.

