

Coletânea Especial de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



Thaise Ribeiro Luz
Organizador(a)

Coletânea Especial de **ENGENHARIA DE PRODUÇÃO** **3**

EDITORA KREATIK
ITAJUBÁ - BRASIL
2022

© 2022 – KREATIK

editora.kreatik.com.br

✉ publicacao@kreatik.com.br

Editor(a) Chefe e Organizador(a): Thaise Ribeiro Luz

Editoração, Arte e Capa: Editora Kreatik

Revisão: Respectivos autores dos artigos

Conselho Editorial

Prof. Me. Ernany Daniel de Carvalho Gonçalves

Prof. Me. João Paulo Chaves Barbosa

Prof. Dr. Vinicius de Carvalho Paes

C694

Coletânea Especial de Engenharia de Produção 3/
Organizador(a) Thaise Ribeiro Luz. - Itajubá (MG) :
Editora Kreatik, 2022.
82p. : il.

Formato: PDF

Requisito de Sistema: Adobe Acrobat Reader

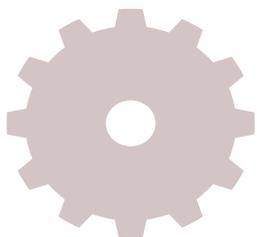
ISBN 978-65-993959-7-0

Inclui bibliografia

1. Engenharia de produção . 2. Gestão da
produção. 3. Administração da produção. I. Luz,
Thaise Ribeiro. II. Título.

CDD: 620

Os **conteúdos** dos artigos científicos incluídos nesta publicação são de **responsabilidade** exclusiva dos seus respectivos **autores**.



APRESENTAÇÃO

Olá caro leitor, seja bem-vindo!

A **Coletânea Especial de Engenharia de Produção 3** foi organizada com conteúdos científicos das áreas de Engenharia de Produção e Gestão especialmente selecionados por pesquisadores da área.

Os artigos organizados como capítulos desta coletânea, visam garantir maior visibilidade dos mesmos por meio de um canal de comunicação acessível para muitos leitores, facilitando também o compartilhamento do conteúdo.

Esta publicação no formato e-book PDF conta com 4 trabalhos e biografia dos autores.

SUMÁRIO

Capítulo 1 ----- página 5
A IMPORTÂNCIA DA PADRONIZAÇÃO DOS INDICADORES DE PROCESSO NA QUALIDADE FINAL DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

Adrielly Borges Avelar, Tatiane Aparecida de Lazari, Ereston Chagas Lopes, Graziela Luiz Franco Martinez.

Capítulo 2 ----- página 15
ELEMENTOS DE MÁQUINAS E PROJETOS DE DISPOSITIVOS MECÂNICOS

Alex Geovani De Souza, Carlos Otávio Dias, Lyncoln Almeida Rezende, Marcelo Pereira Martins, Matheus Costa Pereira, Matheus de Freitas Araújo Teixeira, Paulo Sérgio Ferreira, Pedro José Papandrêa.

Capítulo 3 ----- página 59
ESTUDO DA APLICAÇÃO DO PROBLEMA DE MÁXIMA COBERTURA PARA A ALOCAÇÃO DE CENTROS DE VACINAÇÃO PARA O COVID-19

Paulo Giovani de Faria Zeferino, Rafael de Souza Pereira.

Capítulo 4 ----- página 70
LEAN STARTUP: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Rodolfo Perigolo, Maria Tereza Arantes, Lucinéia de Oliveira Tavares Chiste.

Sobre os autores ----- página 80

Sobre o(a) organizador(a) ----- página 82

A IMPORTÂNCIA DA PADRONIZAÇÃO DOS INDICADORES DE PROCESSO NA QUALIDADE FINAL DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

Adrielly Borges Avelar
Tatiane Aparecida de Lazari
Ereston Chagas Lopes
Graziela Luiz Franco Martinez

RESUMO

O presente estudo foi realizado em uma agroindústria que trabalha com a produção de ovos de codorna em conserva na cidade de Cacoal-RO. O objetivo da pesquisa foi verificar a variação de temperatura dos tanques de cozimento de ovos da agroindústria sob estudo, por meio das ferramentas da qualidade, gráficos de controle e folhas de verificação. A partir da coleta de dados, foi possível tabular os dados e plotar os gráficos de controle por meio dos softwares Microsoft Excel versão 2016 e Minitab Statistical software versão 20. Desta forma, após a análise dos gráficos de controle da média e desvio-padrão, concluiu-se que ambos os tanques de cozimento apresentam variações de temperatura ao longo do cozimento, sendo maior no tanque 01 se comparado ao tanque 02, contudo sem extrapolação dos limites de controles calculados. A temperatura de cozimento é um importante indicador de qualidade do produto, uma vez que a variação da temperatura impacta diretamente na segurança sanitária, na textura e na palatabilidade do produto final.

Palavras-chave: *controle estatístico da qualidade, gráficos de controle, padronização, temperatura.*

INTRODUÇÃO

A padronização é fundamental para que exista confiabilidade em um processo ou produto. Assim, para que ocorra a padronização de um produto a análise de alguns aspectos são importantes como por exemplo: sabor, textura, aparência e peso adequado do produto. Quando uma empresa tem seu processo padronizado, reduzem-se as dispersões, propiciando que o planejamento da produção seja assertivo e que seja possível fazer prospecções futuras com relação a oferta de produtos de qualidade e, materiais, insumos e mão de obra envolvida, ou seja, oferecer confiabilidade no produto final além de contribuir significativamente com a manutenção de mercado, também auxilia na boa gestão de custos e do trabalho. (MARTINELLI, 2009).

A pesquisa em questão foi realizada em uma agroindústria de processamento de ovos de codorna para fabricação de ovos em conserva situada na cidade de Cacoal - RO, onde seu processo produtivo acontece em sua maior parte de forma manual, o que dificulta a padronização dos processos.

O processo de fabricação dos ovos de codorna em conserva, assim como qualquer outro processo produtivo, pode ser afetado por variações que influenciam no desempenho do produto final. Um dos principais fatores que podem causar variações no processo em questão é a temperatura e o tempo empregados no cozimento dos ovos.

O não controle da temperatura pode acarretar em ovos defeituosos visto que a oscilação de temperatura influencia na textura do ovo, pois se o ovo estiver mole na etapa de descascamento tenderá a se abrir, ficando com a gema exposta e conseqüentemente não poderá ser utilizado para a produção de ovos de codorna em conserva. A exposição da gema é uma das principais não conformidades presentes no processo. A variação de temperatura também pode afetar a seguridade sanitária do produto final, uma vez que a temperatura de 100°C é um importante indicativo sanitário, capaz de eliminar grupos de microrganismos considerados patogênicos à saúde humana.

Com o objetivo de verificar a variação de temperatura dos tanques de cozimento, utilizou-se o gráfico de controle da média e desvio-padrão. As amostras de temperatura dos tanques de cozimento, foram registradas com o auxílio da ferramenta da qualidade conhecida como folha de verificação, posteriormente, os dados foram analisados por meio dos softwares Microsoft Excel e Minitab 20.

REFERENCIAL TEÓRICO

Controle estatístico da qualidade

O controle estatístico da qualidade ou controle estatístico de processos é uma ferramenta empregada na gestão da qualidade de processos de manufatura ou de prestação de serviços. Walter Andrew Shewhart foi o pioneiro e empreendedor na área de Controle Estatístico da Qualidade na década de 1920, onde analisou determinadas variáveis de um processo ao longo de um período de tempo observando sua variação. Com isso desenvolveu o que ficou conhecido como os Gráficos ou Cartas de Controle Estatístico (SAMOHYL, 2009).

Gráficos de controle

O gráfico de controle pode ser empregado para detectar alterações inesperadas em uma ou mais características de um processo ou produto. É uma ferramenta estatística que tem como função alertar quando surgirem causas especiais na linha de produção. O gráfico é composto, basicamente, por três linhas horizontais e os pontos que expressam as médias de pequenas amostras (subgrupos racionais). As três linhas representam os limites de controle, a primeira linha sendo o limite de controle superior (LCS) e a outra, limite de controle inferior (LCI) e uma linha no meio, conhecida como limite central (LC) (CARVALHO e PALADINI, 2012).

Os gráficos de controle são aplicáveis às diferentes formas de apresentação das variáveis, seja na forma quantitativa ou qualitativa. Para variáveis quantitativas têm-se os gráficos de controle para variáveis, sendo eles: gráficos de controle da média e amplitude; média e desvio-padrão; da mediana; do valor individual e amplitude móvel. Já para as variáveis qualitativas têm-se os gráficos de controle para atributos, sendo eles: gráficos de controle da fração defeituosa; do número de unidades defeituosas; número de defeitos; número de não conformidades por unidade.

No presente estudo utilizou-se o gráfico da média e desvio-padrão (X e S) para analisar os dados referentes à temperatura e tempo de cozimento dos ovos.

Gráfico da média e desvio-padrão

Os gráficos X e S são utilizados pelas empresas para controlar a dispersão do processo de produção, visto que o gráfico S é mais preciso em comparação ao gráfico R, pois são usados todos os dados agrupados, e não somente o maior e o menor valor, como é o caso do gráfico R. Se o tamanho no subgrupo for menor ou igual a 10, as cartas R e S demonstram o mesmo aspecto gráfico, entretanto, conforme o tamanho do subgrupo aumenta, o gráfico S torna-se mais preciso, devendo ser o escolhido (GOMES, 2010). A seguir estão representados os cálculos utilizados para encontrar os limites de controle dos gráficos de controle da média e do desvio-padrão:

$$LSC_X = \bar{X} + A_3 \cdot S \quad \text{Eq. 1}$$

$$LC_X = \bar{X} \quad \text{Eq. 2}$$

$$LIC_X = \bar{X} - A_3 \cdot S \quad \text{Eq. 3}$$

$$LSC_S = B_4 \cdot S \quad \text{Eq. 4}$$

$$LC_S = S \quad \text{Eq. 5}$$

$$LIC_S = B_3 \cdot S \quad \text{Eq. 6}$$

Onde, A_3 , B_3 e B_4 são constantes e seus valores podem ser consultados segundo o tamanho da amostra na obra de Douglas Montgomery. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade, 7ª edição. LTC, 2016.

Amostragem

Amostragem é o procedimento para obtenção de amostras que representem bem a população. Para que seja viável realizar inferências válidas sobre a população partindo de uma amostra, é imprescindível que essa seja representativa. Uma das formas de se alcançar a representatividade é fazer com que a escolha da amostra ocorra de forma aleatória (CORRÊA, 2003).

Folha de verificação

As folhas de verificação são tabelas ou planilhas utilizadas para facilitar a coleta e análise de dados. O emprego da folha de verificação economiza tempo, pois evita o trabalho de se escrever números repetitivos. A folha de verificação é um formulário planejado, no qual os dados são preenchidos de forma fácil e precisa (MACHADO, 2012).

A folha de verificação é uma ferramenta da qualidade que pode ser utilizada para organizar e apresentar os dados em forma de um quadro ou tabela, e possui grande aplicação para levantamento e verificação de dados (PEINADO e GRAEML, 2007).

Ovos de codorna em conserva

Com o objetivo de prolongar a vida de prateleira dos ovos de codorna, surgem os ovos de codorna em formato de picles, o que conhecemos como ovos de codorna em conserva. Esse método de conservação, trouxe melhorias relacionadas às qualidades sensoriais do produto e conseqüentemente um produto diferenciado para o consumidor (FARIA; BRESSAN; VIEIRA e PEREIRA, 2010).

A conservação pela salmoura, consiste na mistura de água, sal e vinagre que agem na remoção de fatores favoráveis ao desenvolvimento de micro-organismos patogênicos, promotores de doenças alimentares. Os produtos industrializados que utilizam esse método de conservação são popularmente conhecidos como "conservas" (SEBRAE, 2016).

Além de dar sabor aos ovos, a salmoura também realiza o processo de conservação dos ovos, além do mais, esse tipo de produto possibilita maior praticidade ao cotidiano dos consumidores, visto que os ovos se encontram prontos para consumo e podem ser utilizados de diferentes formas, seja para compor uma salada ou para consumo como aperitivo.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em uma agroindústria localizada na área rural de Cacoal - RO, que trabalha com o processamento de ovos de codorna, com o *mix* composto por: ovos de codorna *in natura* e ovos de codorna em conserva. Os ovos *in natura* são comercializados em cartelas plásticas contendo 30 ovos, já os ovos em conserva são ofertados em potes de vidro de 550g e em embalagens plásticas de 1000g.

Sendo assim, os dados da pesquisa foram coletados por meio do levantamento de dados *in loco* na forma de acompanhamento do processo produtivo e análise dos dados históricos da empresa disponíveis. Os dados coletados foram registrados por meio da ferramenta da qualidade conhecida como folha de verificação, com o objetivo de facilitar o processo de monitoramento da temperatura dos tanques de cozimento. A folha de verificação utilizada para registrar os dados de temperatura coletados foi elaborada pela própria pesquisadora.

Em seguida, realizou-se a tabulação e tratamento dos dados, com o auxílio dos softwares Microsoft Excel versão 2016 e Minitab Statistical Software versão 20.

A pesquisa foi realizada entre os meses de março e abril de 2021, totalizando uma amostra de tamanho igual a 11. Devido a pesquisa ter sido realizada durante a pandemia do COVID-19, foram seguidas todas as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS), para evitar o contágio e disseminação do vírus.

As mensurações de temperatura da água de cozimento dos ovos nos tanques 01 e 02 foram realizadas em nove diferentes momentos, sendo a primeira medição antes dos ovos serem adicionados ao tanque de cozimento; a segunda imediatamente após a adição dos ovos no tanque; e a terceira após 2 minutos da adição dos ovos. É esperado que nestes minutos iniciais a temperatura da água caia devido a troca térmica entre água e os ovos, que ficam armazenados em temperatura ambiente, por volta de 30°C. A quarta medição ocorreu, logo após a identificação visual de que a água voltou a ferver (sabe-se que a água ferve a 100 °C em uma atmosfera de 1 ATM e que apresenta movimentos na forma de bolhas e presença de gases visíveis, pela evaporação), somente após este momento a indústria considera iniciado o cozimento dos ovos, a partir deste instante contabiliza-se 5 minutos. A quinta medição ocorreu após um minuto de cozimento; a sexta com 2 minutos, e assim sucessivamente minuto a minuto apurou-se a temperatura da água de cozimento, até a nona medição, onde totalizou-se os cinco minutos de cozimento do lote. Foram realizadas duas coletas ao dia por tanque de cozimento. Por fim, calculou-se a média das duas coletas, registrando-se então 11 amostras para o tanque 01 e 11 amostras para o tanque 02.

As amostras de temperatura foram coletadas de forma aleatória, ou seja, foram retiradas amostras no início do processo de cozimento dos ovos, no meio e ao fim do processo, pois pelo fato dos tanques de cozimento serem abastecidos a lenha, a temperatura tende a variar conforme a queima da lenha. Os dados de temperatura foram coletados com o auxílio de um termômetro digital, que foi

previamente calibrado por meio de equipamento de temperatura padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A agroindústria conta com dois tanques de cozimento, com alimentação de calor por meio de fornalha à lenha, ambos operacionalizados de forma simultânea. A oferta de calor é controlada de forma empírica, por meio da abertura ou fechamento do compartimento de liberação de calor.

As lenhas são adicionadas pela parte externa da agroindústria, o que impede que a fumaça entre para a área de produção. Desta forma, durante o processo de cozimento dos ovos, o operador necessita ir até a parte externa da indústria para alimentar a fornalha produtora de vapor a ser fornecido aos tanques de cozimento.

Por se tratar de tanques de cozimento a lenha, a temperatura tende a oscilar durante o processo de cozimento dos ovos, necessitando que constantemente os tanques sejam reabastecidos com lenha. A empresa sob estudo não realiza o controle da temperatura dos tanques de cozimento, desta forma, a atividade de cozimento dos ovos ocorre de forma intuitiva.

O cozimento dos ovos é dividido em duas etapas, sendo, os primeiros 3 minutos, onde o cesto de cozimento permanece sob agitação mecânica em movimentos de 30° para que ocorra o processo de centralização da gema do ovo e também para que a casca do ovo seja trincada, o que facilita o processo de descascamento. Após este processo, os ovos permanecem dentro do tanque de cozimento, até que a água volte a ferver e alcance a temperatura desejada (100 °C), pois quando os ovos são adicionados ao tanque de cozimento a temperatura tende a diminuir, visto que os ovos estão em temperatura ambiente. Quando a água volta a ferver, os ovos permanecem no tanque de cozimento por mais 5 minutos, para que o processo de cozimento seja finalizado.

Os momentos em que se realizou a coleta de dados referente a temperatura dos tanques de cozimentos, são representados da seguinte forma:

- T1 - Temperatura do tanque antes da adição dos ovos;
- T2 - Temperatura do tanque após a adição dos ovos;
- T3 - Temperatura do tanque após 2 minutos da adição dos ovos;
- T4_0 - Temperatura do tanque no momento em que a água volta a ferver;
- T5_1 - Temperatura do tanque após 1 minuto que a água voltou a ferver;
- T6_2 - Temperatura do tanque após 2 minutos que a água voltou a ferver;
- T7_3 - Temperatura do tanque após 3 minutos que a água voltou a ferver;
- T8_4 - Temperatura do tanque após 4 minutos que a água voltou a ferver;
- T9_5 - Temperatura do tanque após 5 minutos que a água voltou a ferver.

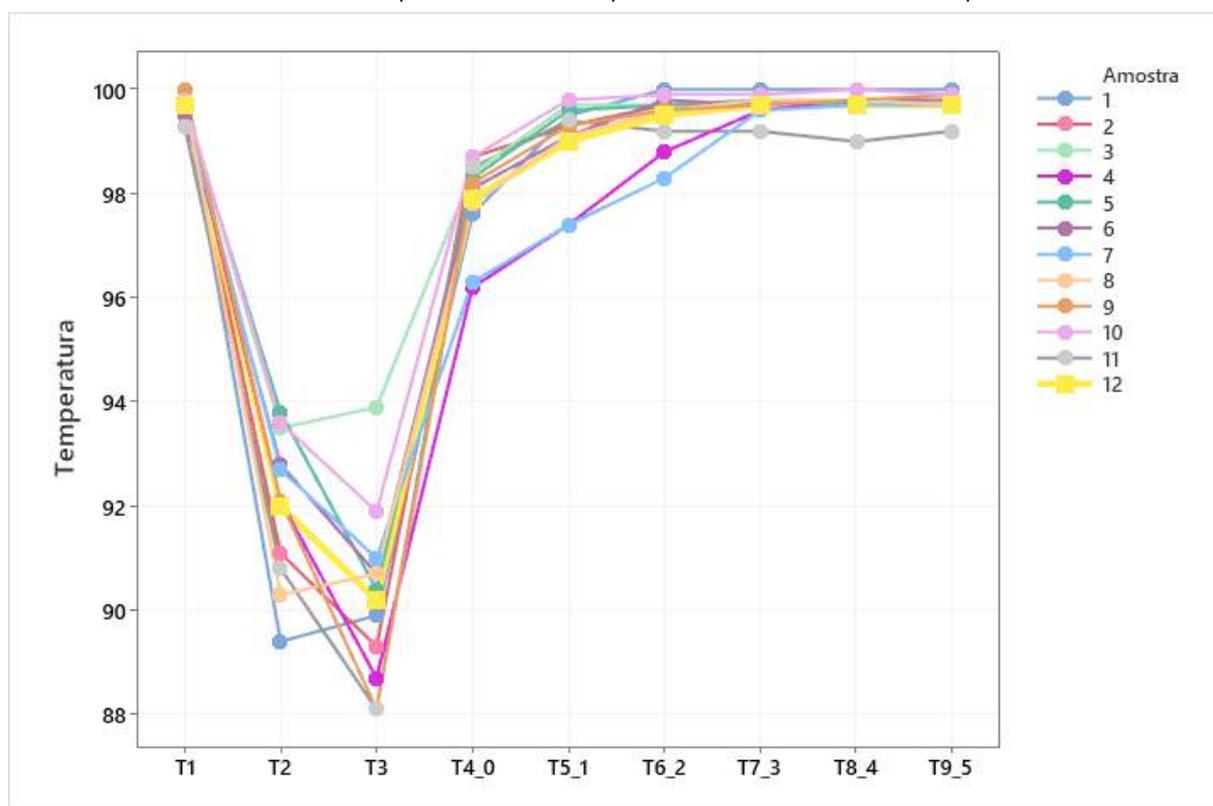
O intervalo entre T4_0 a T9_5 representa o tempo de cozimento dos ovos. A padronização da temperatura de cozimento garante, entre outros parâmetros, a uniformidade da textura do produto final.

A seguir, os gráficos 1 e 2, demonstram a temperatura e tempo de cozimento dos ovos, onde cada linha do gráfico demonstra o comportamento de uma amostra, vale ressaltar que foram coletadas duas amostras por dia de cada tanque e realizou-se a média entre as duas amostras, chegando a 11

amostras para cada tanque, a linha 12 que está destacada na cor amarela representa a média das amostras.

O gráfico 1 representa as amostras de temperatura do tanque 01, onde a temperatura média para as amostras no momento T1 é de 99,7 °C, já nos momentos T2 e T3 quando os ovos são adicionados ao tanque, a temperatura diminui, ficando entre 88,1 a 99,3°C, pois os ovos antes de serem adicionados ao tanque de cozimento encontram-se em temperatura ambiente, outro fator que também contribui para essa perda de temperatura, é a movimentação constante do cesto, nesse primeiro momento. Já no momento T4_0 quando a água do tanque volta a ferver, a temperatura está variando de 96,2 a 99,7°C, e após o primeiro minuto de cozimento, representado por T5_1, a temperatura tende a se manter constante pelos próximos minutos de cozimento, com temperatura média de 99,5°C.

Gráfico 1 - Temperatura e tempo de cozimento no tanque 01.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

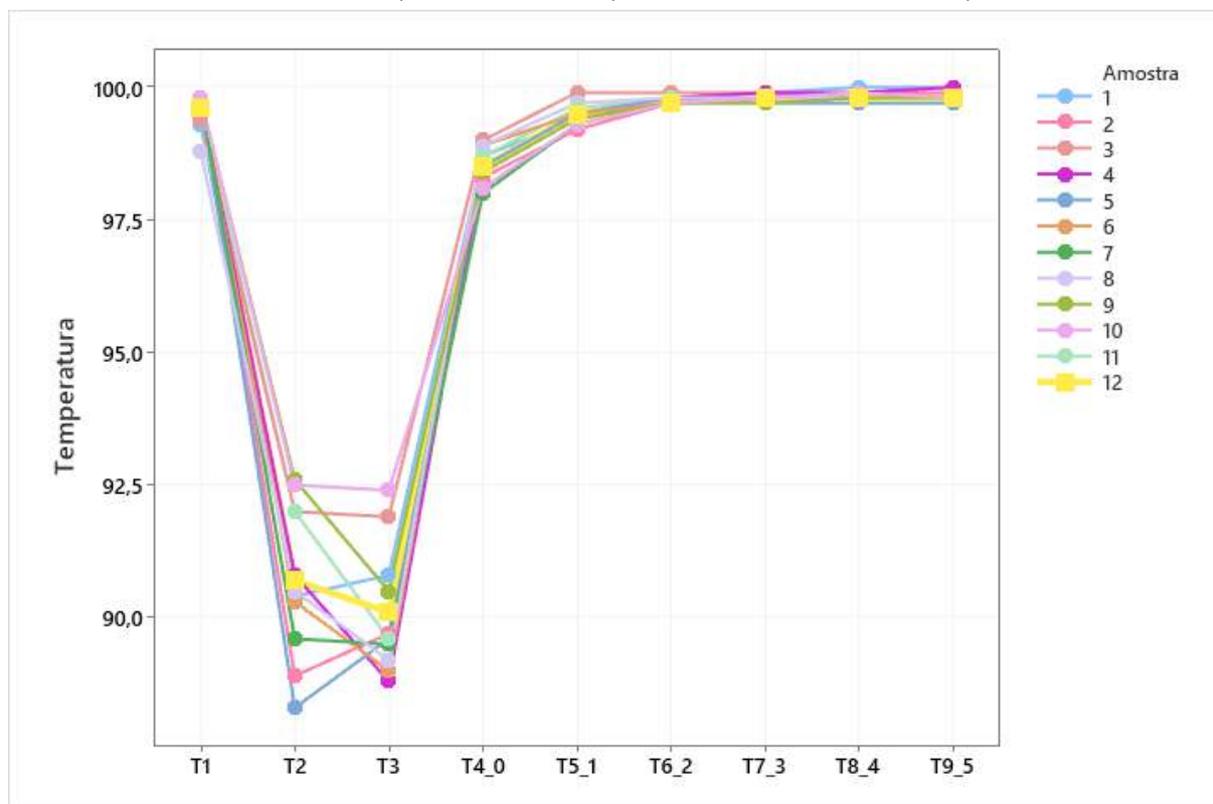
Entretanto, é possível visualizar que as amostras 4 e 7 apresentaram temperaturas mais baixas, em relação às outras amostras, entre os momentos T5_1 e T6_2, onde é possível identificar temperaturas entre 97,4 e 98,8°C, isso significa que no dia em que essas amostras foram coletadas, o tanque 01, demorou mais para alcançar a temperatura desejada, o que influencia no cozimento dos ovos.

A amostra 11, por sua vez, apresentou uma variação entre os momentos T6_2 a T9_5, onde a temperatura variou de 99 a 99,2°C, não chegando a temperatura média de 99,5 °C. Essa variação se deu porque na noite anterior ao dia que essa amostra foi coletada, choveu e as lenhas estavam molhadas, o que dificultou a queima das lenhas, influenciando assim na energia calorífica recebida no tanque.

O tanque 01 está localizado acima do alimentador dos tanques, o que influencia para que as temperaturas deste tanque sejam mais elevadas em relação ao tanque 02.

O gráfico 2 representa as amostras de temperatura do tanque 02, onde a temperatura média no momento T1 é de 99,6 °C, já nos momentos T2 e T3, a temperatura diminui, ficando entre 88,3 a 92,6°C, devido a adição dos ovos ao tanque. Quando a água do tanque volta a ferver, no momento T4_0, a temperatura está entre 98 a 99 °C. Após o momento T5_1, a temperatura mantém-se constante, com temperatura média de 99,7 °C.

Gráfico 2 - Temperatura e tempo de cozimento no tanque 02.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

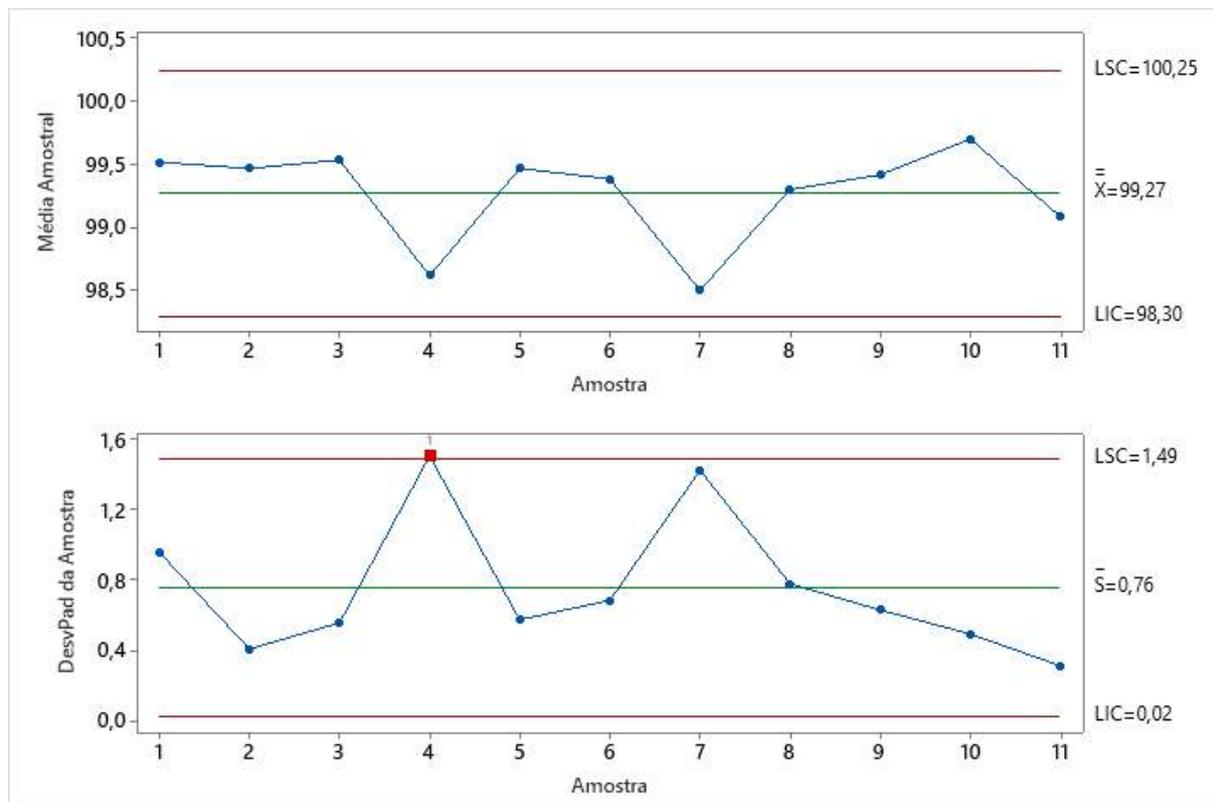
Diferentemente do tanque 01, é possível observar que após a água do tanque 02 voltar a ferver, a oscilação da temperatura tende a ser menor, se comparada ao mesmo período do tanque 01. Entretanto, pelo fato do tanque 02 não estar tão próximo ao alimentador dos tanques, quando os ovos são adicionados, a temperatura tende a cair mais, se comparada ao tanque 01, o que significa que este tanque gastará mais tempo para recuperar a temperatura perdida, logo a etapa de cozimento demandará mais tempo.

Nos 3 primeiros minutos da etapa de cozimento, ocorre a centralização da gema do ovo e a casca é trincada, devido a movimentação do cesto de inox. Porém, como visto nos gráficos anteriores, neste primeiro momento a temperatura dos tanques caem, sendo então necessários mais 5 minutos para que os ovos terminem de cozinhar.

Presume-se então, que o cozimento dos ovos ocorra de fato nos 5 minutos finais. Desta forma, serão apresentados nas figuras 4 e 5 os gráficos da média e desvio-padrão para os 5 minutos de cozimento dos ovos, com a finalidade de verificar a variação de temperatura no processo de cozimento dos ovos. O gráfico da média para a temperatura de cozimento do tanque 01 (gráfico 3), apresenta um limite superior de controle de 100,25°C, limite central de 99,27°C e limite inferior de controle igual a 98,30°C. Pode-se observar que a maior parte das amostras se concentram acima do limite central de controle,

o que significa que elas estão mais próximas da temperatura desejada, que é 100°C. Entretanto, todos os pontos encontram-se dentro dos limites de controle.

Gráfico 3 - Carta de controle da média e desvio-padrão para temperatura e tempo de cozimento dos ovos no tanque 01.

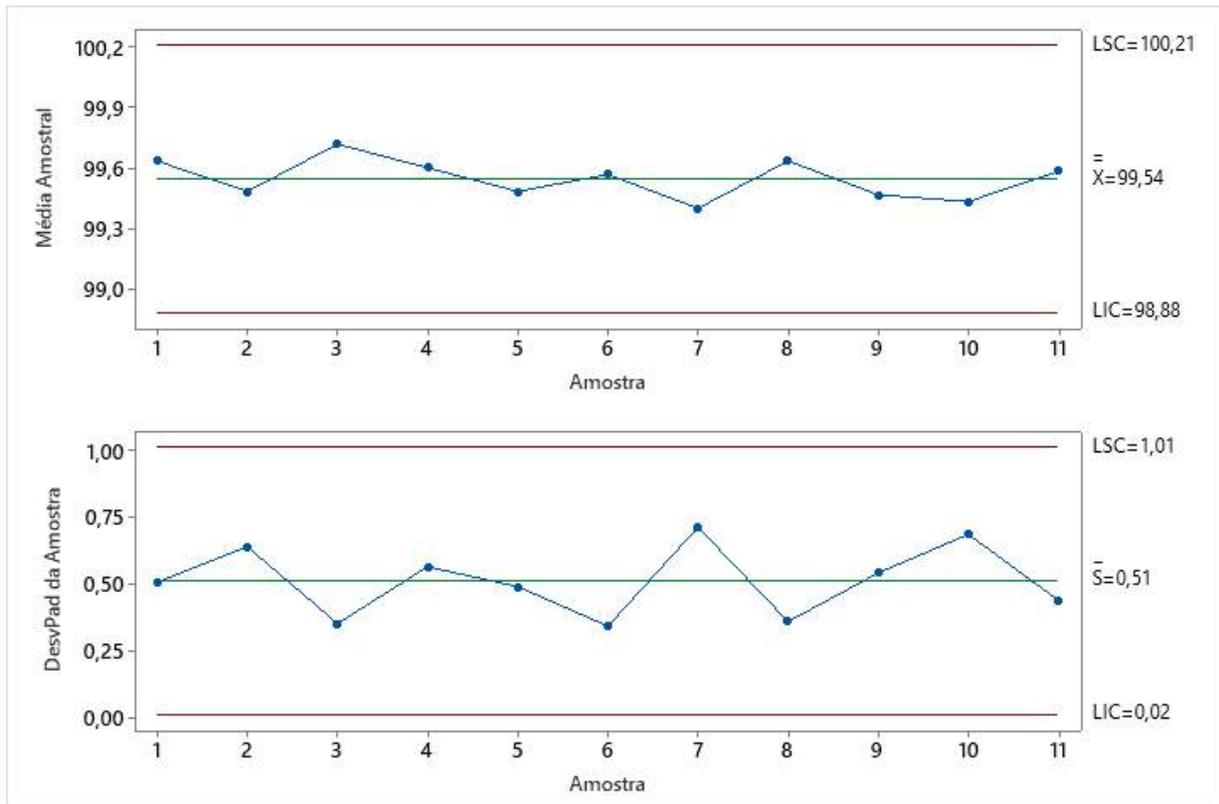


Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Ainda sobre o gráfico da média para a temperatura de cozimento do tanque 01, podemos observar que as amostras com média de temperatura abaixo do limite central, são as 4 e 7, sendo estas as mesmas amostras que apresentaram variação de temperatura no gráfico da temperatura e tempo de cozimento do tanque 01 (gráfico 1).

Já no gráfico do desvio-padrão (gráfico 4), tem-se um limite superior de controle igual a 1,49, limite central de 0,76 e limite inferior de controle igual a 0,02 graus Celsius, sendo assim, é possível visualizar que a variação de temperatura é significativa, pois os limites encontram-se bem distantes um do outro. Diferentemente do gráfico da média, o gráfico do desvio-padrão apresentou um ponto que excedeu os limites de controle, esse ponto refere-se a amostra 4, sendo essa uma das amostras já mencionadas anteriormente, devido a variação apresentada. Essa causa especial aconteceu, pois, a temperatura do tanque nos primeiros 3 minutos de cozimento estava entre 96,2 a 98,8°C. Diversos fatores podem ter influenciado para que a temperatura do tanque não fosse a ideal, como por exemplo, o operador começar a cronometrar a tempo antes da água estar de fato fervendo.

Gráfico 4 - Carta de controle da média e desvio-padrão para temperatura e tempo de cozimento dos ovos no tanque 02.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

O gráfico da média para a temperatura de cozimento do tanque 02 (gráfico 4), apresenta limite superior de controle igual a 100,21 °C, limite central de 99,54 °C e limite inferior de controle igual a 98,88 °C. Analisando o gráfico pode-se constatar que o tanque 02 apresenta uma variação menor de temperatura, em comparação ao tanque 01. Os pontos concentram-se em torno do limite médio de controle, não havendo pontos fora dos limites de controle.

O gráfico do desvio-padrão (gráfico 4) vem para confirmar que de fato a variação de temperatura do tanque 02 é menor que a variação do tanque 01. O limite superior de controle encontrado para o gráfico do desvio-padrão do tanque 02, é igual a 1,01, o limite central de 0,51 e o limite inferior de controle é igual a 0,02. Se comparados com os limites do gráfico do desvio-padrão do tanque 01, apresentam um intervalo menor e os pontos estão mais próximos ao limite central, o que significa que o tanque 02 apresenta temperaturas mais constantes, o mesmo foi possível identificar nos gráficos das figuras 01 e 02.

O tanque 01, por estar localizado acima do alimentar, apresenta temperaturas mais elevadas do que o tanque 02, entretanto, após a análise dos dados, constatou-se que o tanque 02 apresenta uma menor variação de temperatura, o que para o processo de cozimento dos ovos é o mais adequado, pois a oscilação de temperatura, influencia na textura do ovo, pois se o ovo está mole, na etapa de descascamento esse ovo tenderá a abrir, ficando com a gema exposta e conseqüentemente não poderá ser utilizado para a produção de ovos de codorna em conserva.

Em relação ao tempo de cozimento dos ovos, a empresa em estudo, informou que já realizou anteriormente testes com tempos de cozimento diferentes ao identificado no presente estudo, como por exemplo, cozimento por 6 minutos, precedidos por 2 minutos de mexedura. Porém, a empresa

considera que os melhores resultados de qualidade do produto final foram obtidos com o emprego de 5 minutos de cozimento, precedido de 3 minutos de mexedura, com emprego da temperatura da água a 100°C.

CONCLUSÃO

Com a realização do estudo, foi possível analisar a variação de temperatura dos tanques de cozimento ao longo do tempo, ou seja, lote a lote produzido em determinado período de estudo. Os gráficos de controle da média e desvio-padrão demonstraram que o processo de esta sob controle estatístico, o que é representado quando os valores amostrais estão disposto entre os LSC e LIC, com um destaque para um ponto alerta no gráfico do tanque 01, que no entanto não é considerado um outliier. Comparativamente, o tanque 01 apresenta uma maior variação de temperatura em relação ao tanque 02. A empresa adota procedimentos manuais e monitorados de forma empírica desde a alimentação da caldeira até a constatação da temperatura da água de cozimento. Para tanto, sugere-se a aquisição de um termômetro do tipo PT100 e também a acomodação da lenha em local coberto e seco. Quanto a seguridade do produto foi constatada que a temperatura de 100°C é atingida e permanece por vários minutos, o que permite conferir seguridade contra a presença de microrganismos patogênicos. Por fim, conclui-se que a padronização dos indicadores de processo, como o binômio tempo e temperatura de cozimento, é primordial para a qualidade final dos produtos.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. Gestão da qualidade. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.
- CORRÊA, S.M.B.B. Probabilidade e estatística. 2. ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003.
- FARIA, P. B.; BRESSAN, M.C.; VIEIRA, J.O.; PEREIRA, A. A. Características físico-químicas e microbiológicas de ovos de codorna conservados na forma de picles. Rev. Alimentos e Nutrição, Araraquara, v. 21, n. 3, p. 415-420, 2010.
- GOMES, F.M. Controle Estatístico de Processo. Colégio Patrocínio de São José - Lorena 2010.
- MACHADO, S.S. Gestão da qualidade. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.
- MARTINELLI, F.B. Gestão da qualidade total. Rio de Janeiro: Iesde, 2009.
- PEINADO, J.; GRAEML, A.R. Administração da produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007.
- SAMOHYL, R.W. Controle estatístico da qualidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- SEBRAE. Alimentos em conserva: A sustentabilidade em potes. Sustentabilidade: Relatório de inteligência, 2016. Disponível em: <http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para%20sua%20empresa/Publica%C3%A7%C3%B5es/2016_4_ALIMENTOS-EM-CONSERVA.pdf>. Acesso em: 03 de maio de 2021>.

ELEMENTOS DE MÁQUINAS E PROJETOS DE DISPOSITIVOS MECÂNICOS

Alex Geovani De Souza
Carlos Otávio Dias
Lyncoln Almeida Rezende
Marcelo Pereira Martins
Matheus Costa Pereira
Matheus de Freitas Araújo Teixeira
Paulo Sérgio Ferreira
Pedro José Papandréa

RESUMO

Elevadores de carga são amplamente utilizados como meio de transporte vertical de materiais de diversas naturezas e em muitos ramos da indústria, construção civil, comércios, entre outros. Sua funcionalidade e simplicidade permite que sejam feitas instalações seguras em praticamente qualquer empreendimento. O trabalho, projeto teve como objetivo o desenvolvimento de um elevador de carga industrial, com detalhamento de suas partes, componentes e processo de montagem. Foi utilizada uma metodologia ativa de cálculos, prototipagem virtual e pesquisas nas normas ABNT e normas de segurança NBRs, utilização de softwares de desenho e softwares de prototipagem 3D. Após todas as fases deste trabalho serem executadas, pode-se concluir que a parte de cálculo é a etapa mais importante para o desenvolvimento de um elevador de carga seguro e funcional e que cada elemento de montagem, independentemente de seu tamanho ou constituição é fundamental para o funcionamento da máquina. Finalmente é indispensável a análise de cada carga e esforço das peças para evitar que alguma falha de cálculo se torne um problema de segurança para o usuário do elevador de cargas.

Palavras-chave: *Elevadores de carga, dispositivos.*

INTRODUÇÃO

Os elevadores de carga são feitos para transportar verticalmente materiais, e têm a capacidade de suportar altas cargas com pesos elevados, possuindo uma excelente vida útil e sendo extremamente robustos. Eles trazem diversos benefícios para o uso empresarial (Figura 1 - Projeto: Elevador de carga).

Figura 1 - Projeto: Elevador de carga



Fonte: <<https://www.boxtop.com.br/wp-content/uploads/2018/06/elevador-industrialcarga-e-monta-carga-1.jpg>>

Justificativa

O tema foi escolhido baseando-se em elevadores já existentes e com o intuito de melhorar os equipamentos existentes e incluí-lo no uso de um ou mais integrantes do grupo no seu cotidiano. O Elevador de carga tem suma importância em grandes empresas que dependem do transporte de cargas de um setor para outro, ele faz esse transporte de forma eficiente e rápida, facilitando o transporte vertical de materiais. Para a construção civil, atividades industriais e comerciais possuem enorme viabilidade.

Objetivos

O projeto tem propósito de unir conhecimentos prévios, buscar novos aprendizados e adquirir a máxima percepção da unidade curricular elementos de máquina e projetos de dispositivos mecânicos. A Figura 2 - Elementos de máquinas ilustra os componentes deste dispositivo.

Figura 2 - Elementos de máquinas



Fonte: <https://sites.google.com/site/profrclenilsofelipe/_/rsrc/1468759168297/disciplinas/em---elementos-de-maquinas/Elementos%20de%20m%C3%A1quinas.jpg>

Objetivo geral

Desenvolver uma proposta completa de um elevador de carga industrial que se encaixe em diversas áreas da indústria e do comércio. Além disso, ele é amplamente utilizado no âmbito da engenharia mecânica.

De acordo com Generoso (2009), um projeto mecânico sempre surge com o intuito de satisfazer uma necessidade, mas para isso é importante que seja feita uma investigação detalhada de cada componente e função para que ocorra da melhor forma possível.

Objetivos específicos

Ampliar conhecimentos na área da mecânica, unir percepções prévias com experiências e competências adquiridas, introduzir novas ideias para aprimorar e desenvolver os elevadores de cargas atuais.

METODOLOGIA

Os temas foram divididos em duplas, ao qual uma dupla tem um conhecimento maior em cálculos, outra em modelagem virtual e prototipagem e outra na parte prática, a partir disso as tarefas e pesquisas podem ser feitas de modo objetivo.

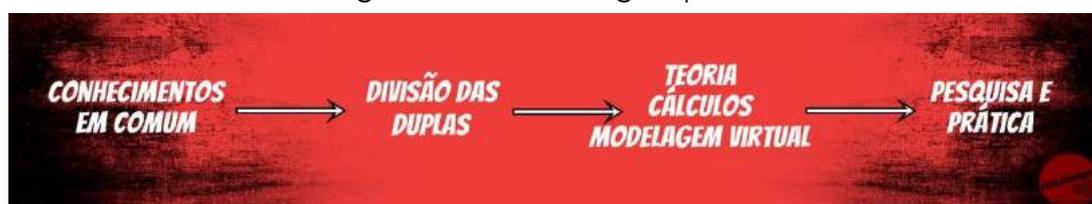
Todo embasamento e desenvolvimento do projeto será baseado em fontes confiáveis para que o trabalho seja feito de forma correta e confiável, abaixo as principais fontes para a pesquisa:

- Artigos científicos,
- Livros específicos e gerais;
- Catálogos de peças e equipamentos;
- Normas ABNT NBR;
- Contato com empresas que possuem ou fazem manutenção em elevadores de carga.

Conforme relatam Santos e Sakasi (2015), a metodologia ativa é dividida em três etapas, inicialmente buscar compreender a situação real e as razões, a segunda descrever e analisar o fenômeno e a terceira sendo previsão, observação e finalização. Em todas etapas essa divisão será utilizada, e o projeto contará com atividades teóricas e práticas, comprovando a teoria do projeto empiricamente. Cada aluno terá suma importância no desenvolvimento do projeto.

A parte teórica é a primeira etapa do projeto, enquanto o cálculo e a modelagem virtual e prototipagem seguem lado a lado, caso seja necessário alteração em alguma etapa, a outra prontamente fará a mesma alteração para que tudo siga idêntico. A Figura 3 - Metodologia aplicada mostra o fluxo desta metodologia.

Figura 3 - Metodologia aplicada



Fonte: Elaborada pelo autor.

IDENTIFICAÇÃO DO DISPOSITIVO

Foi definido que será utilizado o elevador de cargas Classe A voltado para elevação de carga geral, tendo a carga específica de 1,5 tonelada somada ao seu peso, e a carga máxima de 2 toneladas somando ao peso do elevador, lembrando que esse valor foi calculado utilizando o fator de segurança, ao qual é calculado abaixo. Suas dimensões são de 2 metros de alturas por 1,0 metro de comprimento e 2 metros de profundidade (Figura 4 - Elevador de carga a ser projetado). Seu funcionamento será por cabo de aço, entretanto roldanas são utilizadas para dividir os pontos de tensões.

De acordo com Bernuy e Vieira (2015), o elevador de carga é utilizado para movimentação vertical de cargas entre níveis com comandos elétricos simples e alta utilização dos componentes mecânicos.

Figura 4 - Elevador de carga a ser projetado



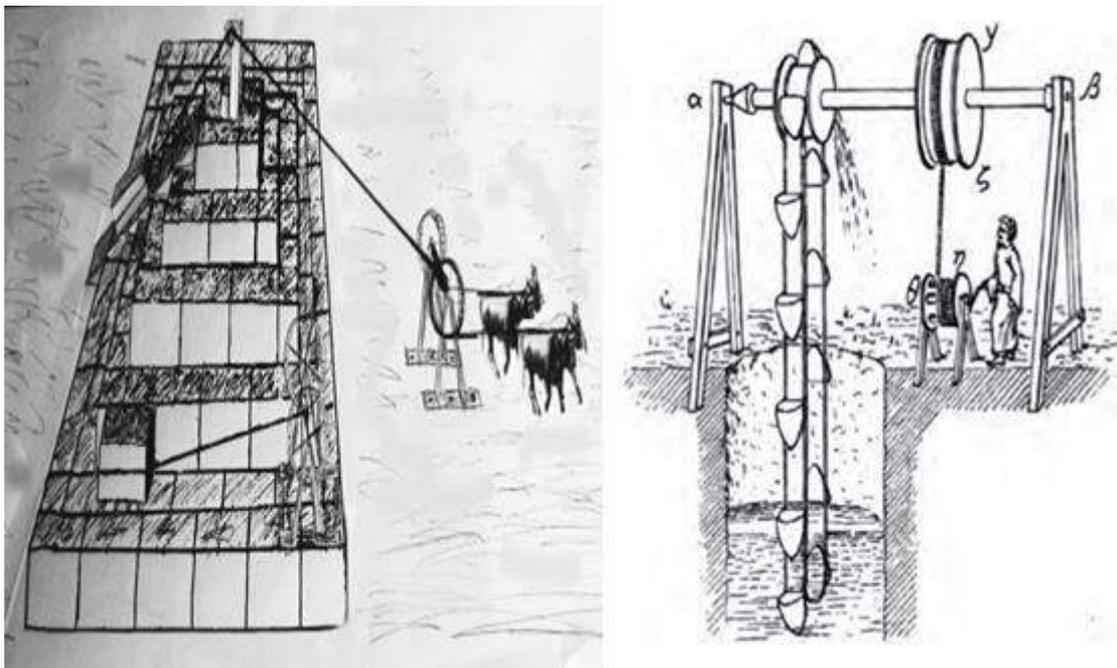
Fonte: <https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_886612-MLB26397983076_112017-O.webp>

Breve histórico do dispositivo

O elevador teve como conceito primitivo a elevação de cargas e possui uma história bem antiga, visto que existem citações do seu uso em 1500 a.C, pelos egípcios, na construção das misteriosas e famosas pirâmides e para elevação de água do rio Nilo.

O funcionamento era feito a base muita força física, já que para movimentar e tracionar as cordas utilizava-se a força humana ou animal (Figura 5 - Trações e carregadores de carga da antiguidade).

Figura 5 - Trações e carregadores de carga da antiguidade



Fonte: <<https://vetraelevadores.com.br/wp-content/uploads/2016/08/appare63.gif>; https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSM2K4F_24xu8eTmvxN1AZzXbc8Xa88lq9Gw&usqp=CAU>

Já na Roma antiga, gladiadores e animais eram transportados em elevadores até a arena do Coliseu Romano em 80 d.C. Normalmente eram usados para executar tarefas como elevar a água para irrigação ou levantar materiais pesados de construção, como pedras. Esses elevadores eram movidos por animais, pessoas ou até rodas d'água. Entretanto só depois da Revolução Industrial, no século XIX, com a máquina a vapor, que foi possível a construção de elevadores fixos para transportar materiais e, principalmente, pessoas.

Os elevadores se tornaram mais comuns em meados do século XIX, durante a Revolução Industrial, quando transportavam mercadorias em fábricas e minas. Esses elevadores eram frequentemente baseados no sistema hidráulico. Na época, os elevadores que operavam em um sistema de cabos eram considerados não confiáveis e perigosos, porque, se as cordas quebrassem, o elevador despencaria para o fundo. A carga poderia ser danificada, mas, mais importante, os passageiros eram frequentemente mortos pela queda. Enquanto trabalhava em uma fábrica em 1852, Elisha Otis e seus filhos criaram um projeto de elevador (Figura 6 - Elevador de carga Elisha Otis) que empregava um dispositivo de segurança. Uma moldura de madeira no topo da plataforma abriria contra os lados do poço do elevador se as cordas quebrassem, funcionando essencialmente como um freio.

Figura 6 - Elevador de carga Elisha Otis



Fonte: <<https://www.sosdosedevadores.com.br/wp-content/uploads/2018/03/primeiroelevador.jpg>>

Atualmente existem diversos tipos de elevadores, com as mais variadas tecnologias contra acidentes, além disso, existem elevadores próprios para elevação de cargas dos mais variados tipos, transporte de pessoas, automóveis e etc. O elevador trouxe a possibilidade de edifícios, arranha-céus, prédios, condomínios e pontos turísticos existirem, pois, para que não só a os materiais, mas também as pessoas cheguem nos andares mais altos sem esforço e pouca demanda de tempo, o principal aliado é o elevador.

Para Ângelo (2016), a evolução dos elevadores foi enorme, permitindo o aumento da movimentação de cargas, da velocidade e da capacidade das cargas. Além disso os mais recentes utilizam CAN bus e microprocessadores para substituir itens antigos. A Figura 7 - Evolução do elevador de carga compara elevadores antigos com elevadores modernos.

Figura 7 - Evolução do elevador de carga



Fonte: Elaborada pelo autor.

Aplicação

Os elevadores de carga são feitos para o transporte de materiais (Figura 8 - Aplicação do elevador de carga). Existindo os elevadores comerciais, industriais e transporte automotivo. Um elevador de carga em sua maioria é robusto e de alta qualidade, resistindo às condições mais precárias do ambiente. Por serem mais robustos tem como objetivo atender a necessidade de transportar cargas pesadas. Para Pinto (2005) desde a pré-história o homem buscou invenções para poupar os esforços próprios, com isso diversas tarefas foram mecanizadas.

Figura 8 - Aplicação do elevador de carga



Fonte: <<http://tanner.com.br/wp-content/uploads/2016/03/monta-carga-elevador2.jpg>>

Princípio do funcionamento

O elevador é sustentado geralmente por 6 a 8 cabos de que ligam a cabina a um contrapeso feito por chapas de metal ou concreto, passando por uma polia que previne o desgaste do material (Figura 9 - Componentes do elevador). Caso um dos cabos se rompa, os demais sustentarão o peso da cabina. Segundo Warmling (2020), para a construção e manutenção do elevador é necessário utilizar os componentes corretos para montagem e funcionamento, dimensionando sistema de tração, frenagem, carga e sistema de segurança.

Figura 9 - Componentes do elevador



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os elevadores de carga são feitos para o transporte de materiais. Existindo os elevadores comerciais, industriais e transporte automotivo. Um elevador de carga industrial, muitas vezes coabita em mesmo prédio que um elevador comum. E, frequentemente, quando estamos esperando pelo elevador, o de carga chega, e muitos de nós, passageiros somos impedidos de entrar no elevador só porque ele é o elevador de carga. As regras variam muito de um prédio para o outro, mas o principal motivo para que o elevador de carga seja acionado é deixar livre o movimento das pessoas no elevador comum, sem nada atravancando o acesso ou a movimentação.

O elevador de carga industrial foi construído para facilitar o transporte de cargas de construção civil, automóveis em estacionamentos e transporte de empilhadeiras. Isso significa que são usados para transporte de materiais pesados e muitas vezes perigosos para serem transportados junto com pessoas não autorizadas. Imagine, andar do lado de uma empilhadeira? Além disso, o elevador de carga industrial é classificado de acordo com a sua capacidade de carga, em denominações que vão da classe A até a classe C.

O elevador de carga industrial de classe A é mais designado para cargas moderadamente pesadas e é esse tipo de elevador de carga industrial que costumamos encontrar em prédios residenciais e comerciais, ao qual será utilizado no projeto.

O dispositivo

Elevador de Cargas para cargas comuns projetado para elevação frontal de até 1 tonelada utilizando sistema de tração por cabos (Figura 10 - Elementos de um elevador de carga).

A falta de manutenção desses equipamentos, principalmente em prédios antigos, causa problemas que podem ser evitados com a aplicação de normas técnicas. A experiência de utilizar elevadores que ficam travados no meio do trajeto, apresentam trancos e desníveis ou fazem ruídos demais é sempre assustadora. Falhas técnicas e mecânicas são mais comuns em prédios antigos, quando a manutenção é negligenciada, mas basta cumprir requisitos estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para que esses problemas sejam evitados.

Nucini e Silva (2014) afirmam que para um sistema de transporte de carga eficiente é necessário que os equipamentos tenham um bom desempenho, diminuam custos, reduzam a poluição e aumentem a produtividade.

Figura 10 - Elementos de um elevador de carga



Fonte: <http://tanner.com.br/wp-content/uploads/2016/03/tanner_montacargas_1.jpg>

Uma avaliação do Sindicato das Empresas de Elevadores de São Paulo (Seciesp) aponta que cerca de 70% dos elevadores em uso no Brasil precisam de modernização, têm cabines ultrapassadas e comandos de botões que não funcionam. A troca dos quadros de comando eletromecânicos por outros de comando microprocessados, por exemplo, não só evita falhas técnicas, como ajuda a reduzir o consumo de energia em até 70%.

Abaixo algumas ABNT NBR que devem ser seguidas para a construção de elevadores:

- ABNT NBR 16042:2012 - Elevadores elétricos de passageiros — Requisitos de segurança para construção e instalação de elevadores sem casa de máquinas;
- ABNT NBR 15597: 2010 - Requisitos de segurança para a construção e instalação de elevadores - Elevadores existentes - Requisitos para melhoria da segurança dos elevadores elétricos de passageiros e elevadores elétricos de passageiros e cargas;
- ABNT NBR NM 196: 1999 - Elevadores de passageiros e monta-cargas - Guias para carros e contrapesos - Perfil T;
- ABNT NBR 14364: 1999 - Elevadores e escadas rolantes - Inspetores de elevadores e escadas rolantes - Qualificação;
- ABNT NBR 10982: 1990 - Elevadores elétricos - Dispositivos de operação e sinalização - Padronização;
- ABNT NBR 5665: 1983. Versão Corrigida: 1987 - Cálculos do tráfego nos elevadores;

Sistema

De acordo com Gonzalez e Lozano (2001), o processo de construção e estudo do sistema depende da elaboração da obra mecânica, ao qual analisem os componentes, cargas e equipamentos para construção do sistema.

Casa de Máquinas: Compartimento onde são colocados os equipamentos e componentes que promovem a movimentação e funcionamento do elevador.

Cabine: Responsável por transportar a carga, em seu interior é necessário ser informado a sua capacidade de peso total (carga máxima permitida).

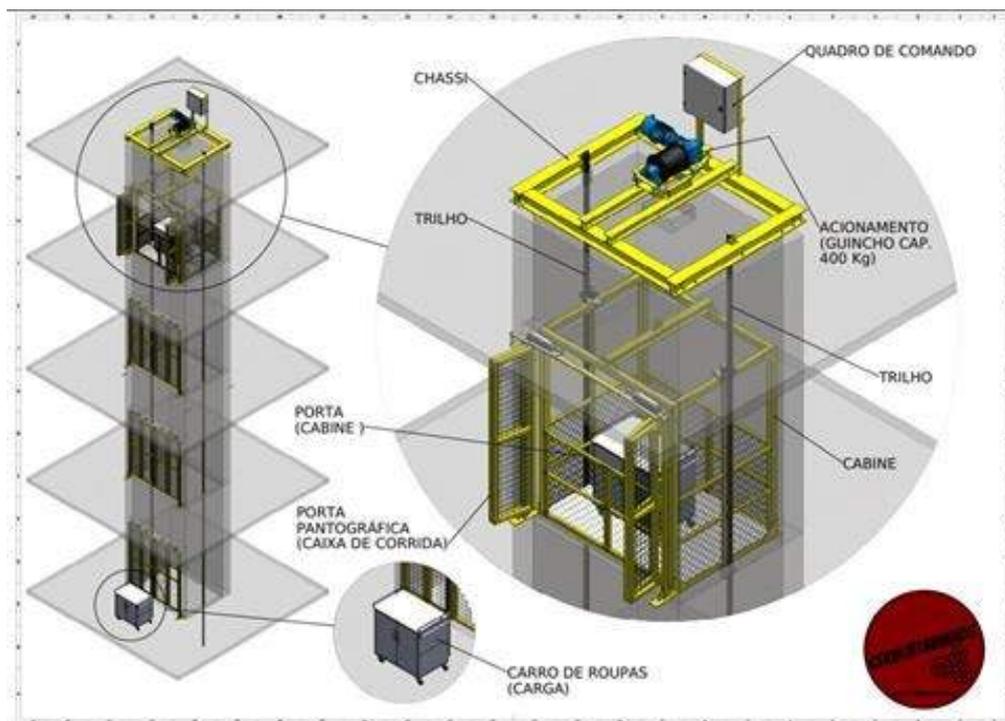
Caixa Corrida ou Passadiço: Aqui encontram-se as guias (trilhos) onde corre a cabine, as calhas com a fiação elétrica fixa, fiação elétrica móvel, cabos de comando, cabos de aço para tração, cabo de aço do limitador de velocidade, e limites de segurança nos extremos. O acesso a este local é restrito a pessoas autorizadas pela empresa de manutenção, é um setor altamente técnico e somente com o conhecimento especializado torna-se possível identificar problemas.

Pavimento de Acesso ou Patamar: São os locais de parada da cabina para entrada e ou saída de carga, também se encontra a sinalização e botoeiras de pavimento.

Fundo do poço: É a parte inferior da caixa corrida ondem ficam instalados os dispositivos de segurança como polia tensora, mola ou pistão, para-choque, limites de segurança, chave PAP, botão de emergência, iluminação e tomada. Por norma ele deve ter uma escada marinheiro para que o técnico acesso ao local com total segurança.

A Figura 11 - Elevador de carga detalhado mostra a estrutura de um elevador.

Figura 11 - Elevador de carga detalhado



Fonte: <<https://iesab.com.br/wp-content/uploads/2019/02/Design-IESAB-14.jpg>>

Componentes

Para Amandio (2014), a finalidade do elevador de cargas moderno é gerar uma maior velocidade da produção, aumentar a produção e com isso gerar vantagens para a empresa e o operador, com isso é importante salientar o estudo dos componentes (Figura 12 - Conjuntos do elevador de carga).

Casa de Máquinas: Constituída por máquina de tração, quadro de comando, painel seletor, limitador de velocidade. A Casa de Máquinas será ser posicionada na parte superior do elevador.

Quadros de Comando: Responsáveis por toda a lógica de controle, gerenciando o sistema e processando as informações de todos os comandos do equipamento, funciona como o cérebro do elevador. É constituído de:

- Bobinas;
- Relês;
- Transformadores;
- Chaves de força;
- Inversor de frequência;
- Placas de circuitos eletrônicos.

Máquina de Tração é o conjunto que tem a finalidade de realizar a força no transporte vertical, é responsável pelo movimento do elevador e é ligada à cabine através dos cabos de aço de tração.

O movimento de subida e descida do carro é proporcionado pela máquina de tração, que imprime à polia a rotação necessária para garantir a velocidade especificada para o elevador. A aceleração e o retardamento ocorrem em função da variação de corrente elétrica no motor. Ela é constituída de:

- Motor elétrico;
- Coroa sem fim;
- Redutor;
- Freio eletromecânico (a disco ou a tambor);
- Polia de tração;
- Cabos de tração;
- Freio normal;

Limitador ou regulador de velocidade é um importante dispositivo de segurança do elevador, ele aciona o freio sob a cabine em situações de emergência. Quando a velocidade do carro ultrapassa 15% de sua velocidade normal, ele desliga o motor de tração do elevador, e se mesmo assim o mecanismo percebe que a cabine continua acelerando, quando a mesma chegar em 25% da velocidade nominal de movimento da cabine, ele trava a cabine nas guias, contendo assim o movimento da mesma.

Freio de segurança adicional para situações de emergência: Este freio de segurança é um dispositivo fixado na armação do carro, é destinado a pará-los em caso de sobre velocidade ou queda livre, seja de maneira instantânea ou progressiva, ele se prende as guias, pelas quais desliza a cabine, quando acionado mecanicamente pelo limitador ou regulador de velocidade nominal do equipamento.

Caixa Corrida ou Passadiço: Aqui encontram-se as guias (trilhos) onde corre a cabine, as calhas com a fiação elétrica fixa, fiação elétrica móvel, cabos de comando, cabos de aço para tração, cabo de aço do limitador de velocidade, e limites de segurança nos extremos.

Guias (trilhos de aço do tipo T): A cabine desliza pelas guias através de corrediças, as guias são fixadas em suportes de aço os quais são chumbados em vigas de aço na caixa. O carro é suspenso por cabos de aço de tração.

Cabina: A Cabina é montada sobre uma plataforma (base para o piso da cabine), em uma armação de aço constituída por duas longarinas horizontais. Cabina são construídas em diversos materiais, mas os

principais são o aço inox escovado e vidro. O conjunto cabina, armação e plataforma denomina-se carro.

Pavimento/Patamar São os locais de parada da cabina para entrada e ou saída de carga e possuem sinalização e botoeiras de pavimento.

Fundo do poço: é constituído de:

- Polia tensora;
- Mola ou pistão;
- Para-choque;
- Limites de segurança;
- Chave PAP;
- Botão de emergência;
- Iluminação e tomada.

Figura 12 - Conjuntos do elevador de carga



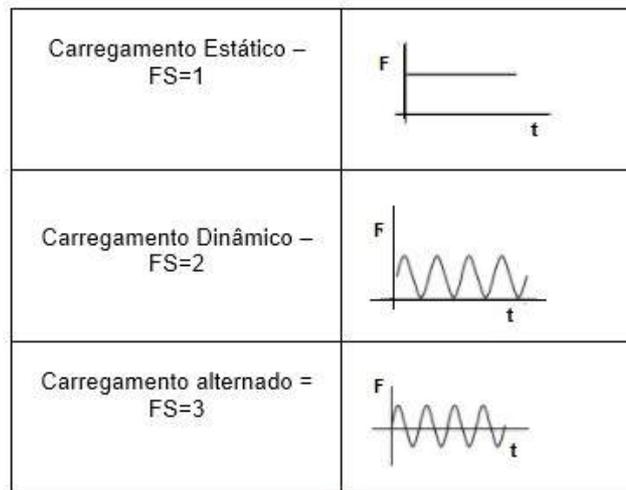
Fonte: <<https://www.atualizeelevadores.com.br/wp-content/uploads/2018/01/conhe%C3%A7a-o-elevador.png>>

Fatores de segurança

Os cabos recebem a tração do peso da cabine, contra balanceada ou não pelo contrapeso. Por isso é um dos principais elementos do elevador possuindo um coeficiente de segurança mínimo de 7 aplicado a carga.

Beer e Johnston (1989) afirmam que o coeficiente de segurança com baixo valor pode gerar a ruptura, entretanto com valor muito alto, resulta em algo não-econômico, com isso torna-se importante estudar os fatores e escolher o coeficiente ideal (Figura 13 - Coeficiente de segurança em 3 tipos de carregamento)

Figura 13 - Coeficiente de segurança em 3 tipos de carregamento



Fonte: <<https://consultoriaengenharia.com.br/wp-content/uploads/2017/06/Fs4.png>>

ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DO DISPOSITIVO

Neste capítulo serão feitos todos os cálculos e dimensionamentos necessários para definir o elevador de carga. Foram utilizadas tabelas, dados e informações disponibilizadas pelos professores, além de livros e referenciais para que juntamente ao desenho a especificação feita pelos cálculos tenha a maior precisão possível.

Tabelas

Abaixo disponibilizada a tabela ao qual foram feitos todos os cálculos. Utilizou-se o Excel para facilitar, pelo fato de serem diversos itens e cálculos, com o auxílio do Equation, todo o formulário ficou bem exemplificado.

A primeira coluna contém a identificação de cada item, sua fórmula e sua unidade de medida. As colunas seguintes possuem seus respectivos valores.

Para facilitar a leitura e interpretação dos valores, a tabela disponibilizada apresentará os dados e as contas completas, nos tópicos seguintes serão informados a descrição de cada item e o valor final obtido.

Tabela 1 – Engrenagens

Fórmula/Eixo e engrenagem	Eng 1	Eng 2	Eng 3	Eng 4	Eng 5	Eng 6
n (Rotação) = $60 \times \text{frequência}$ [rpm]	900,00	300,00	300,00	150,00	150,00	75,00
M_T (Momento torçor) = $\frac{60 \times P_0}{2 \times \pi \times \text{frequência}}$ [Nm]						
η_m (Rendimento do mancal) = [%]	0,99					
η_e (Rendimento da engrenagem) = [%]	0,98					
z (Número de dentes) = [Adimensional]	50,00	150,00	50,00	100,00	50,00	100,00
P_0 (Potência) = Potência motora $\times \eta_m \times \eta_e$ [kW]	10,93	10,60	10,60	10,29	10,29	10,08
P_E (Peso do elevador) = [N]	19613,40					
n_r (Número de roldanas) = [Adimensional]	4					
m (Módulo) = [Adimensional]	2,00	2,00	2,75	2,75	3,50	3,50
d_0 (Diâmetro primitivo) = $m \times z$ [mm]	100,00	300,00	137,50	275,00	175,00	350,00
d_e (Diâmetro externo) = $d_0 + (2 \times m)$ [mm]	104,00	304,00	143,00	280,50	182,00	357,00
b (Largura do pinhão) = [mm]	30,00	20,00	30,00	20,00	40,00	30,00
F_T (Força tangencial) = $\frac{2 \times M_T}{d_0}$ [N]	2319,33	2250,22	4909,56	4763,26	7485,12	7336,17
q (Fator de forma) = [Adimensional]	3,30	2,50	3,30	2,50	3,30	2,50
$\sigma_{m\acute{a}x}$ (Tensão de flexão no pé do dente) $F_T \times q \times \text{Fator de serviço}$ $= \frac{\quad}{b \times m}$ [MPa]	159,45	175,80	245,48	270,64	220,54	218,34
t_0 (Passo) = $m \times \pi$ [mm]	6,28	6,28	8,64	8,64	11,00	11,00
h (Altura comum do dente) = $2,167 \times m$ [mm]	4,33	4,33	5,96	5,96	7,58	7,58
s_v (Fola no fundo do vão) = $0,167 \times m$ [mm]	0,33	0,33	0,46	0,46	0,58	0,58
s_0 (Espessura do dente) = $\frac{\text{Passo}}{2}$ [mm]	3,14	3,14	4,32	4,32	5,50	5,50
r_v (Raio no fundo do vão) = $0,3 \times m$ [mm]	0,60	0,60	0,83	0,83	1,05	1,05
h_k (Altura da cabeça do dente) = m [mm]	2,00	2,00	2,75	2,75	3,50	3,50
h_f (Altura do pé do dente) = $1,167 \times m$ [mm]	2,33	2,33	3,21	3,21	4,08	4,08
W (Fator de durabilidade) $\frac{60 \times \text{rotação do pinhão} \times h}{10}$ [Adimensional]	540,00	180,00	180,00	90,00	90,00	45,00
P_{adm} (Pressão admissível) $\frac{0,487 \times \text{dureza Brineil}}{10}$ [N/mm ²]	460,78	553,37	553,37	621,13	621,13	697,20
σ_e (Tensão de escoamento) = $3 \times \sigma_{m\acute{a}x}$ [MPa]	478,36	527,39	736,43	811,92	661,63	655,01
σ_r (Tensão de ruptura) = $3 \times \sigma_{m\acute{a}x}$ [MPa]	478,36	527,39	736,43	811,92	661,63	655,01
σ_{adm} (Tensão admissível) = [MPa]	277,67					
m_t (Módulo teste) $\frac{2 \times M_T \times q \times 10}{[\text{Adimensional}] \sqrt{10 \times z \times 0,8 \times (\sigma_e/3)^3}}$	1,90	1,72	2,72	2,45	3,39	3,07
m (Módulo normalizado) = Tabela [Adimensional]	2,00	2,00	2,75	2,75	3,50	3,50

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 2 – Eixos

Fórmula/Eixo	Eixo 1 (motor)	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4 (Elevador)	Eixo 4 (Extensão)
N (Potência do eixo) = [CV]	14,55	14,12	13,70	13,43	13,43
n (Rotação) = $60 \times \text{frequência}$ [rpm]	900,00	300,00	150,00	75,00	75,00
M_T (Momento torçor) = $\frac{N}{n} \times 71620$ [kgfcm]	1158,10	3370,75	6540,61	12820,90	12820,90
σ_f (Tensão admissível) = $\frac{\sigma_e}{s}$ [kgf/cm ²]	1869,48	1869,48	2430,32	2430,32	2430,32
τ (Tensão de cisalhamento) = $\frac{2}{3} \times \sigma_f$ [kgf/cm ²]	1246,32	1246,32	1620,22	1620,22	1620,22
d (Diâmetro do eixo) = $\sqrt[3]{\frac{2 \times M_T}{\pi \times \tau}} \times 16 \times M$ [mm]	1,68	2,40	2,74	3,49	3,68
F_T (Força tangencial) = $\frac{2 \times M_T}{d_0}$ [kgf]	231,62	224,72	475,68	732,62	732,62
F_R (Força radial) = $F_T \times \text{tg} \alpha$ [kgf]				266,65	2326,08
\bar{a} (Coeficiente de Bach) = $\frac{\sigma_f}{\tau}$ [Adimensional]				1,50	1,50
HA (Reação de apoio do plano horizontal)				313,98	34,89
$= \frac{F_{T2} \times b}{L} \pm \frac{F_{T3} \times a}{L}$ [kgf]					
RA (Reação de apoio no plano vertical)				114,28	110,77
$= \frac{F_{R2} \times b}{L} \pm \frac{F_{R3} \times a}{L}$ [kgf]					
MV (Momento fletor no plano vertical)				1028,52	6645,95
$= RA \times t - F_{R2} \times c$ [kgfcm]					
MH (Momento fletor no plano horizontal)				2825,83	2093,21
$= HA \times t - F_{T2} \times c$ [kgfcm]					
MR (Momento fletor resultante) = $\sqrt{(MV)^2 + (MH)^2}$ [kgfcm]				3007,19	6967,79
Mi (Momento ideal) = $\sqrt{(MR)^2 + \left(\frac{a \times M_T}{2}\right)^2}$ [kgfcm]				10074,94	11874,82
F_R (Força radial) = [kgf]	84,30	81,79	173,13	266,65	2326,08
τ (Tensão na bucha do mancal) = $\frac{F_R}{2 \times d}$ [kgf/cm]	23,69	16,38	30,49	37,18	102,50
d (Diâmetro da bucha do mancal) = [cm]	1,78	2,50	2,84	3,59	3,78
c (Folga radial) = $\frac{\text{excentricidade}}{\text{espessura mínima}}$ [mm]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P (Pressão na área projetada) = $\frac{W}{2 \times r \times l}$ [kgf/cm ²]	12,55	8,53	15,80	19,12	105,28

L (Largura do mancal) = [cm]	2,00	2,00	2,00	2,00	6,00
A (Área da bucha do mancal) = $d \times \pi \times L$ [cm]	11,18	15,69	17,84	22,53	71,29
τ_m (Tensão de cisalhamento do mancal) = [kgf/cm]	20,72	14,32	26,66	32,52	10,28
μ (Viscosidade de Petroff) = viscosidade cinemática \times massa específica [Nmm/s]	0,1355	0,2809	1,0459	2,5510	0,8062
T (Torque) = $\frac{4 \times \pi \times r^2 \times l \times \mu \times N}{c}$ [Nm]	0,0095	0,0191	0,0530	0,1332	0,1488
f (Coeficiente de atrito) [Adimensional] $= 2 \times \pi^2 \times \frac{\mu \times \text{rotações}}{\text{raio}} \times \frac{\text{raio}}{\text{pressão} \times c}$	2,73	3,97	4,56	5,84	0,35
S (Sommerfeld) = $\left(\frac{\text{raio}^2}{\text{Adimensional}} \right) \times \frac{\mu \times \text{rotações}}{c \text{ pressão}}$	0,00133	0,00194	0,00222	0,00285	0,00017
C (Capacidade de carga) = [kgf]	686,50	461,81	775,88	948,46	8273,63
L_e (Lubrificação estável) = $\frac{\mu \times \text{rotações}}{\text{pressão}}$ [Adimensional]	0,01588	0,01615	0,01623	0,01635	0,00094

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 3 – Chavetas

Fórmula/Eixo	Eixo 1 (motor)	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4
P_0 (Potência do eixo) = [CV]	14,55	14,12	13,70	13,43
n (Rotação) = $60 \times f$ [rpm]	900,00	300,00	150,00	75,00
M_T (Momento torçor) = $\frac{60 \times P_0}{2 \times \pi \times \text{frequência}}$ [Nm]	115,97	337,53	654,95	1283,83
D_e (Diâmetro do eixo) = [cm]	1,68	2,40	2,74	3,49
D_e (Diâmetro do eixo) = [mm]	16,79	23,97	27,40	34,86
F_T (Força tangencial) = $\frac{2 \times M_T}{\text{diâmetro}}$ [N]	13814,49	28161,55	47815,11	73657,70
t_1 (Rasgo) = [mm]	2,90	4,10	4,10	4,70
b (Base da chaveta) = [mm]	5,00	8,00	8,00	10,00
h (Altura da chaveta) = [mm]	5,00	7,00	7,00	8,00
τ (Tensão de cisalhamento) $\frac{F_T}{b \times \text{comprimento}}$ [N/mm ²]	552,58	502,88	853,84	920,72
σ_d (Tensão de esmagamento) $\frac{F_T}{\text{comprimento} \times (h - t_1)}$ [N/mm ²]	242,50	242,50	292,50	292,50
k (Coeficiente de segurança) = [Adimensional]	2,00	2,00	2,00	2,00
L_1 (Comprimento normalizado cisalhamento) $\frac{F_T}{\tau} = \text{_____} \times \tau$ [mm] b	5,00	7,00	7,00	8,00

L_2 (Comprimento normalizado do esmagamento) $F_T = \frac{\sigma_d \times (h - t_1)}{C_n}$ [mm] C_n (Chaveta normalizada) = Cálculos/Tabela [mm x mm]	27,13	40,04	56,37	76,31
	Eng 1: 1x28 [mm]	Eng 2: 2x20 [mm] Eng 3: 2x 22 [mm]	Eng 4: 3x20 [mm] Eng 5: 2x32 [mm]	Eng 6: 4x20 [mm]

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 4 - Parafusos 1

Fórmula/Parafusos	Parafusos AS 1111 M12x80
P (Passo) = [mm]	120,00
P_e (Perímetro) = [mm]	2390,00
Z (Número de parafusos) $\pi \times$ diâmetro da circunferência $= \frac{\pi \times \text{diâmetro da circunferência}}{P}$ [Adimensional]	20
d (Diâmetro do parafuso) = $\sqrt{\frac{4 \times \text{Carga de tração}}{\pi \times \delta_{ad}}}$ [mm]	12,00
δ_{ad} (Tensão admissível) = $\frac{4 \times \text{Carga de tração}}{\pi \times d^2}$ [MPa]	0,0088

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 5 - Parafusos 2

Fórmula/Parafusos	Parafusos AS 1111 M8x40
P (Passo) = [mm]	10,00
P_e (Perímetro) = [mm]	60,00
Z (Número de parafusos) $\pi \times$ diâmetro da circunferência $= \frac{\pi \times \text{diâmetro da circunferência}}{P}$ [Adimensional]	4
d (Diâmetro do parafuso) = $\sqrt{\frac{4 \times \text{Carga de tração}}{\pi \times \delta_{ad}}}$ [mm]	8,00
δ_{ad} (Tensão admissível) = $\frac{4 \times \text{Carga de tração}}{\pi \times d^2}$ [MPa]	0,0199

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 6 – Cabos

Fórmula/Cabos	Cabos
CT (<i>Carga de trabalho</i>) $= P_{\text{ESOpróprio da cabine}}$ $+ P_{\text{ESOnominal}} \times \textit{gravidade} [N]$	19620,00
CC (<i>Carga por cabo</i>) = $\frac{CT}{\textit{quantidade}}$ [N]	9810,00
FS (<i>Fator de segurança</i>) = [Adimensional]	8,00
CRM (<i>Carga ruptura mínima</i>) = $CT \times FS$ [N]	156960,00
C (<i>Tamanho do cabo</i>) = $2 \times \textit{altura máxima} + 6$ [m]	22,45

Fonte: Elaborada pelo autor.

Seleção do conjunto motor (potência/rotação) para acionamento do dispositivo

Inicialmente é importante definir a potência, grandeza que tem a finalidade de determinar a quantidade de energia concedida pela fonte e a rotação do motor que significa a quantidade de giros no eixo por determinado período de tempo.

Para Galdino (2014) é importante diminuir o atrito, analisar a rotação máxima e a potência para que a eficiência empregada seja a maior possível.

Abaixo os valores definidos para o conjunto do motor:

- Potência motora = 11,04 [kW]
- Rotação motora = 900 [rpm]

Especificação do tipo de engrenagem do sistema de transmissão

O tipo de engrenagem selecionado foi o ECDH (Engrenagens cilíndricas de dentes retos), pelo fato de transmitirem força sem deslizamento, resistirem a sobrecargas, possuírem um excelente rendimento, ter segurança e um baixo custo de manutenção.

De acordo com Mazzo (2013), engrenagens oferecem a maneira mais prática e confiável quando é necessário transmitir um movimento angular uniforme.

Abaixo os valores definidos para o engrenamento:

- Rendimento da engrenagem = 0,98
- Rotação da engrenagem motora = 900 [rpm]
- Rotação da engrenagem 2 = 300 [rpm]
- Rotação da engrenagem 3 = 300 [rpm]
- Rotação da engrenagem 4 = 150 [rpm]
- Rotação da engrenagem 5 = 150 [rpm]
- Rotação da engrenagem 6 = 75 [rpm]

Especificação do número de dentes das engrenagens

Com a relação de transmissão, torna-se possível calcular a quantidade de dentes de cada uma das 6 engrenagens.

Abaixo cada um dos valores:

- Número de dentes da engrenagem motora = 50
- Número de dentes da engrenagem 2 = 150
- Número de dentes da engrenagem 3 = 50
- Número de dentes da engrenagem 4 = 100
- Número de dentes da engrenagem 5 = 50
- Número de dentes da engrenagem 6 = 100

Especificação do módulo de cada par de engrenagem do sistema de transmissão

O módulo é calculado a partir da divisão do diâmetro primitivo em relação a quantidade de dentes, após isso é importante o normalizar, de acordo com valores tabelados. A partir do módulo e do número de dentes, torna-se possível definir a ferramenta utilizada.

Abaixo os valores dos módulos normalizados:

- Módulo normalizado do par de engrenagens 1 e 2 = 2,00
- Módulo normalizado do par de engrenagens 3 e 4 = 2,75
- Módulo normalizado do par de engrenagens 5 e 6 = 3,50

Características geométricas e dimensões de cada engrenagem

O diâmetro externo é o valor máximo da engrenagem e o primitivo é o intermediário entre o externo e o interno. Com isso é possível dimensionar cada uma das seis engrenagens do sistema.

Abaixo os valores dos diâmetros primitivos e externos:

- Diâmetro primitivo da engrenagem motora = 100,00 [mm]
- Diâmetro primitivo da engrenagem 2 = 300,00 [mm]
- Diâmetro primitivo da engrenagem 3 = 137,50 [mm]
- Diâmetro primitivo da engrenagem 4 = 275,00 [mm]
- Diâmetro primitivo da engrenagem 5 = 175,00 [mm]
- Diâmetro primitivo da engrenagem 6 = 350,00 [mm]
- Diâmetro externo da engrenagem motora = 104,00 [mm]
- Diâmetro externo da engrenagem 2 = 304,00 [mm]
- Diâmetro externo da engrenagem 3 = 143,00 [mm]
- Diâmetro externo da engrenagem 4 = 280,50 [mm]
- Diâmetro externo da engrenagem 5 = 182,00 [mm]
- Diâmetro externo da engrenagem 6 = 357,00 [mm]

Seleção do material da fabricação das engrenagens do sistema

O material utilizado para a confecção das engrenagens do sistema necessita de uma boa resistência

e dureza, com isso foi definido o SAE 8620, um aço com média temperabilidade, boa usinabilidade e amplamente utilizado para fabricação de engrenagens. Ideal para o elevador de carga em questão.

Abaixo o material utilizado:

- Material das engrenagens: SAE 8620

Determinação das forças provenientes dos engrenamentos

A força tangencial possui a mesma direção e velocidade do corpo, alterando o módulo da velocidade. A tensão de flexão no pé do dente, tem suma importância para analisar se a engrenagem estará apta aos esforços de transmissão. Com a utilização da tabela de dureza de Brinell foi definido a pressão admissível, com esses dados também foi definido o material das engrenagens citado no tópico anterior. Além da tensão de escoamento e de ruptura, que coincide no caso a seguir.

Abaixo os valores das forças e tensões:

- Força tangencial na engrenagem motora: 2.319,33 [N]
- Força tangencial na engrenagem 2: 2.250,22 [N]
- Força tangencial na engrenagem 3: 4.909,46 [N]
- Força tangencial na engrenagem 4: 4.736,26 [N]
- Força tangencial na engrenagem 5: 7.485,12 [N]
- Força tangencial na engrenagem 6: 7.336,12 [N]
- Tensão de flexão no pé do dente da engrenagem motora: 159,45 [MPa]
- Tensão de flexão no pé do dente da engrenagem 2: 175,80 [MPa]
- Tensão de flexão no pé do dente da engrenagem 3: 245,48 [MPa]
- Tensão de flexão no pé do dente da engrenagem 4: 270,64 [MPa]
- Tensão de flexão no pé do dente da engrenagem 5: 220,54 [MPa]
- Tensão de flexão no pé do dente da engrenagem 6: 218,34 [MPa]
- Pressão admissível na engrenagem motora: 460,78 [N/mm²]
- Pressão admissível na engrenagem 2: 553,37 [N/mm²]
- Pressão admissível na engrenagem 3: 553,37 [N/mm²]
- Pressão admissível na engrenagem 4: 621,13 [N/mm²]
- Pressão admissível na engrenagem 5: 621,13 [N/mm²]
- Pressão admissível na engrenagem 6: 697,20 [N/mm²]
- Tensão de escoamento e de ruptura na engrenagem motora: 478,36 [MPa]
- Tensão de escoamento e de ruptura na engrenagem 2: 527,39 [MPa]
- Tensão de escoamento e de ruptura na engrenagem 3: 736,43 [MPa]
- Tensão de escoamento e de ruptura na engrenagem 4: 811,92 [MPa]
- Tensão de escoamento e de ruptura na engrenagem 5: 661,63 [MPa]
- Tensão de escoamento e de ruptura na engrenagem 6: 655,01 [MPa]

Dimensionamento dos eixos

Neste tópico serão exemplificados os valores, dimensionamento, materiais e principais itens dos eixos utilizados no sistema do elevador de carga. Os eixos de transmissão são utilizados em todas partes mecânicas que necessitam de movimento rotativo.

Reação nos mancais de apoio de cada eixo em função das forças geradas

O rendimento do eixo e suas tensões devem ser bem calculadas para a definição do material adequado. Segundo Dolenkei (2017), o ajuste e a distribuição de cargas entre seus eixos têm o intuito de garantir uma alta segurança no transporte de cargas.

Abaixo os valores dos rendimentos e das principais tensões nos eixos e nos mancais:

- Rendimento do eixo = 0,99
- Tensão na bucha do mancal motora = 23,69 [kgf/cm]
- Tensão na bucha do mancal 2 = 16,38 [kgf/cm]
- Tensão na bucha do mancal 3 = 30,49 [kgf/cm]
- Tensão na bucha do mancal 4 (elevador) = 37,18 [kgf/cm]
- Tensão na bucha do mancal 4 (extensão) = 102,50 [kgf/cm]
- Tensão de cisalhamento do mancal motora = 20,72 [kgf/cm]
- Tensão de cisalhamento do mancal 2 = 14,32 [kgf/cm]
- Tensão de cisalhamento do mancal 3 = 26,66 [kgf/cm]
- Tensão de cisalhamento do mancal 4 (elevador) = 32,52 [kgf/cm]
- Tensão de cisalhamento do mancal 4 (extensão) = 10,28 [kgf/cm]

Momento fletor resultante e ideal

Para calcular o momento fletor e resultante, é necessário estar seguro e conhecer os esforços atuantes no eixo. Tendo em vista se age somente com flexão ou torção, ou ambos. O momento fletor é a soma algébrica dos momentos relativos no eixo x e y, e por fim o momento ideal.

Abaixo os momentos dos eixos:

- Momento fletor resultante do eixo 4 (elevador) = 3.007,19 [kgfcm]
- Momento fletor resultante do eixo 4 (extensão) = 6.967,79 [kgfcm]
- Momento ideal do eixo 4 (elevador) = 10.074,94 [kgfcm]
- Momento ideal do eixo 4 (extensão) = 11.874,82 [kgfcm]

Seleção do material de fabricação dos eixos

Os eixos um e dois serão fabricados com o material SAE 1035, um aço carbono especial com boa soldabilidade e conformabilidade. Os eixos 3 e 4 utilizarão o material SAE 8640 que possuem altíssima resistência mecânica e também amplamente utilizado na fabricação de eixos.

Abaixo os materiais especificados:

- Eixo 1 e 2: SAE 1035
- Eixo 3 e 4: SAE 8640

Dimensionamento dos eixos à flexão-torção

Por fim os valores das dimensões do eixo motor, do eixo 2 e 3 e também dos eixos do elevador e de sua extensão. Foi de suma importância compreender o sentido dos esforços para o cálculo dos eixos.

Abaixo os valores do torque e dos diâmetros:

- Torque no eixo motor = 0,0095 [Nm]
- Torque no eixo 2 = 0,0191 [Nm]
- Torque no eixo 3 = 0,0530 [Nm]
- Torque no eixo 4 (elevador) = 0,1332 [Nm]
- Torque no eixo 4 (extensão) = 0,1488 [Nm]
- Diâmetro do eixo motor = 1,68 [mm]
- Diâmetro do eixo 2 = 2,40 [mm]
- Diâmetro do eixo 3 = 2,74 [mm]
- Diâmetro do eixo 4 (elevador) = 3,49 [mm]
- Diâmetro do eixo 4 (extensão) = 3,68 [mm]

Especificação das chavetas

As chavetas tem a função de união entre eixo e cubo, quando bem posicionada o cubo faz pressão sobre a metade superior e a árvore sobre a metade inferior. Com a definição das tensões e seus respectivos cálculos, todas chavetas foram normalizadas. O material da chaveta 1 e 2 foi definido como ABNT 1060, um aço com alta resistência e elevado teor de carbono.

Além disso o material da chaveta 3 e 4 foi o ABNT 1080 também possui alta resistência e é de fácil trabalho.

Para Santos (2017), a chaveta é uma parte desmontável da maquinaria com a finalidade de transmitir torque entre eixos e cubos, sendo padronizadas por tamanho e formas e com características de se auto alinharem.

Abaixo as especificações das chavetas:

- Chaveta normalizada engrenagem 1: 1 x 28 [mm x mm]
- Chaveta normalizada engrenagem 2: 2 x 20 [mm x mm]
- Chaveta normalizada engrenagem 3: 2 x 22 [mm x mm]
- Chaveta normalizada engrenagem 4: 3 x 20 [mm x mm]
- Chaveta normalizada engrenagem 5: 2 x 32 [mm x mm]
- Chaveta normalizada engrenagem 6: 4 x 20 [mm x mm]
- Material do eixo da chaveta 1 e 2: ABNT 1060
- Material do eixo da chaveta 3 e 4: ABNT 1080

Especificação os rolamentos (mancais)

Os mancais de rolamentos caracterizam-se por transferir a carga principal por elementos em contato rolante. Ideais para casos com maior velocidade e menor atrito. Além disso, recebem cargas radiais, axiais ou ambas. De acordo com Andrade Júnior (1994), o mancal é um dispositivo fixo fechado e

apoiado sobre o eixo e se adequarem de acordo com a rotação solicitada. Abaixo as definições e valores das buchas dos mancais:

- Diâmetro da bucha do mancal 1 = 1,78 [cm]
- Diâmetro da bucha do mancal 2 = 2,50 [cm]
- Diâmetro da bucha do mancal 3 = 2,84 [cm]
- Diâmetro da bucha do mancal 4 = 3,59 [cm]
- Diâmetro da bucha do mancal 4 (extensão) = 3,78 [cm]
- Área da bucha do mancal 1 = 11,18 [cm]
- Área da bucha do mancal 2 = 15,69 [cm]
- Área da bucha do mancal 3 = 17,84 [cm]
- Área da bucha do mancal 4 = 22,53 [cm]
- Área da bucha do mancal 4 (extensão) = 71,29 [cm]

Especificação dos parafusos

A vantagem da união de peças com parafusos é pelo fato da fácil manutenção e utilização. Entretanto é necessário ser feito com dispositivos de segurança, além de possuírem baixo custo. Foram dimensionados de acordo com a tração e cisalhamento. E são sem pré-carga pelo fato de não possuírem pressão e grande força de aperto. Foram definidos parafusos M12 e M8.

Abaixo as especificações:

- Quantidade de parafusos M12: 20
- Diâmetro dos parafusos M12: 12 [mm]
- Quantidade de parafusos M8: 4
- Diâmetro dos parafusos M8: 8 [mm]

Especificação dos cabos

Cabos são elementos utilizados para transporte, tal como elevadores. O dimensionamento dos cabos é feito com base na análise das cargas atuantes na cabina do elevador, essas cargas são o peso próprio da cabina somado a carga de ocupação, também a carga do próprio cabo e o número de polias móveis na cabina. A partir de tabelas e cálculos foi possível calcular a análise de forças, carga de trabalho, carga por cabo, fator de segurança, carga de ruptura, tipo de alma, material e tamanho do cabo. De acordo com Melconian (2009), o fator de segurança é primordial na segurança da operação, além de evitar rupturas e garantir uma vida útil longa nos cabos.

Abaixo as especificações dos cabos:

- Carga de trabalho = 19.620 [N]
- Tipo de alma: Alma de aço AACI
- Material: Aço 6x25 Filler 5/8"
- Fator de segurança = 8
- Tamanho do cabo = 22,45 [m]

MODELAGEM DO DISPOSITIVO MECÂNICO, EM CAD

O projeto do conjunto de elementos de máquinas utilizado no desenho do elevador de cargas foi executado no CAD Autodesk Inventor, ao qual foi baseado em cálculos realizados no capítulo anterior, no que diz respeito aos elementos de máquinas empregados no projeto sendo as transmissões de engrenagens, os eixos, as chavetas, os elementos de apoio rolamentos, as buchas e os mancais.

Através dos cálculos realizados foram dimensionados os elementos de transmissão como os eixos, engrenagens, chavetas onde se avaliou a tensão nos dentes das engrenagens, o diâmetro primitivo, o módulo e a largura ideal para o torque e a velocidade ao qual o conjunto irá trabalhar.

Modelagem dos componentes

A modelagem de cada componente foi desenvolvida a partir da necessidade de trabalho do conjunto, levando em consideração principalmente a resistência ao torque e a capacidade de atender a velocidade de trabalho.

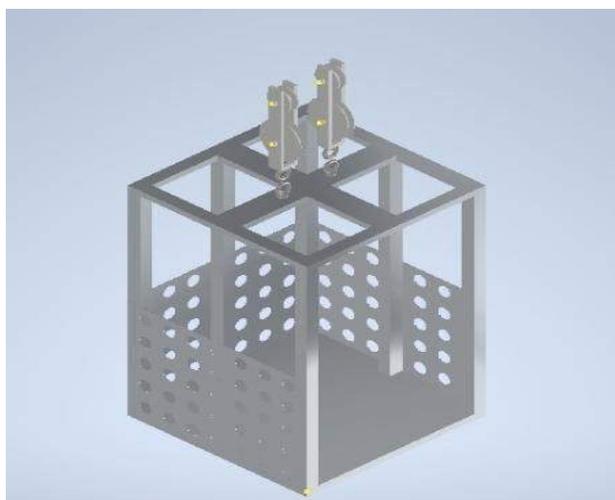
De acordo com os cálculos e valores disponíveis no capítulo anterior, aplicando os conhecimentos adquiridos na unidade curricular de Elementos de Máquinas e Projeto Mecânico, foi possível realizar a modelagem do dispositivo no que diz respeito a aplicação e funcionalidade.

Montagem do dispositivo mecânico

A montagem do dispositivo foi executada conforme a necessidade do tema do projeto de Elevador de Cargas. Cada componente foi projetado individualmente e foi unido em subconjuntos de montagem para posteriormente ser unido em um conjunto principal e posteriormente verificar se a funcionalidade do projeto.

Elevador de carga: Para iniciar essa etapa leva-se em conta primeiramente as medidas que o elevador terá: 1,5 m x 1,5 m x 2 m. Com isso, fez-se o elevador, que por questões de projeto, para redução de carga utiliza-se um sistema de roldanas, sendo dois conjuntos de roldanas para segurança; cada conjunto com um total de quatro roldanas (Figura 14 - Elevador com as roldanas).

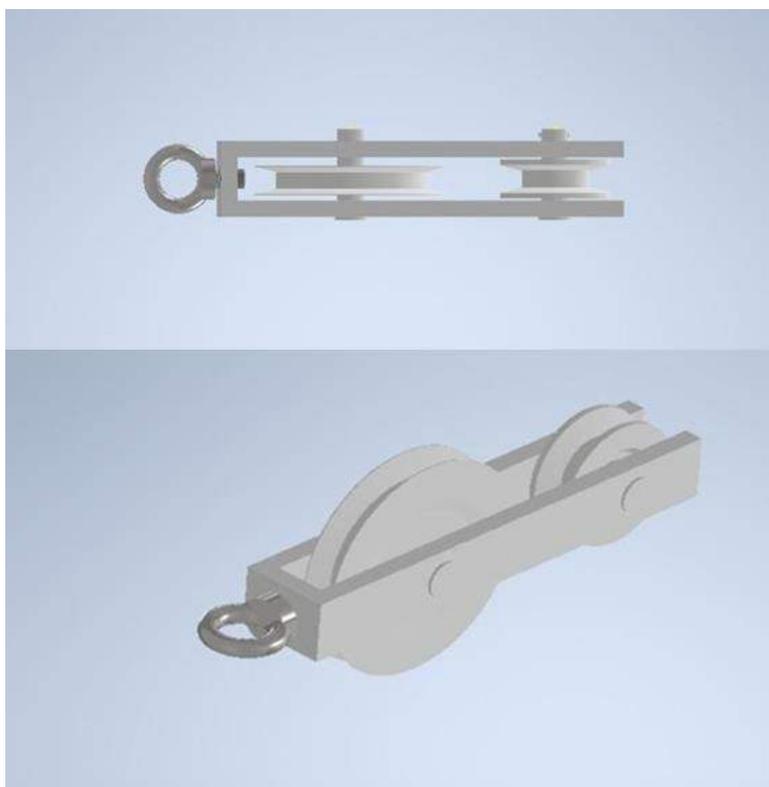
Figura 14 - Elevador com as roldanas



Fonte: Elaborada pelo autor.

Roldanas: Para a roldana foi utilizado o diâmetro de 270 mm e outra menor com 120 mm, ambas usando dois rolamentos ISO 1206 (I) MS – 50 x 72 x 22:1, e eixo de 50 mm. O olhal escolhido é específico para elevação nas especificações DIN 580 M36 x 3:1 (Figura 15 - Roldanas com suas especificações).

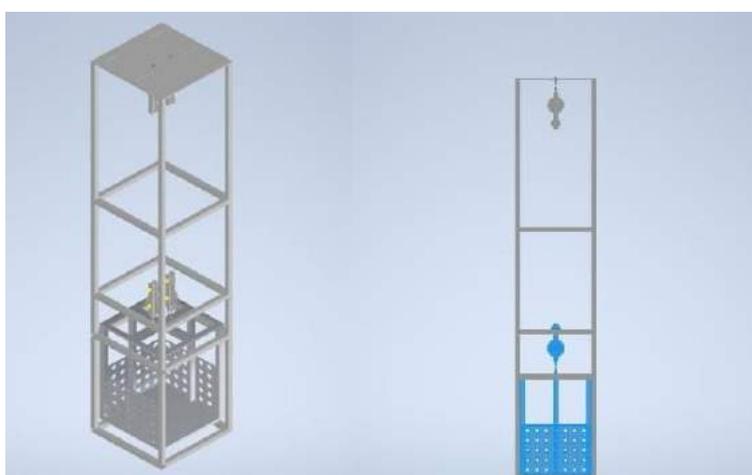
Figura 15 - Roldanas com suas especificações



Fonte: Elaborada pelo autor.

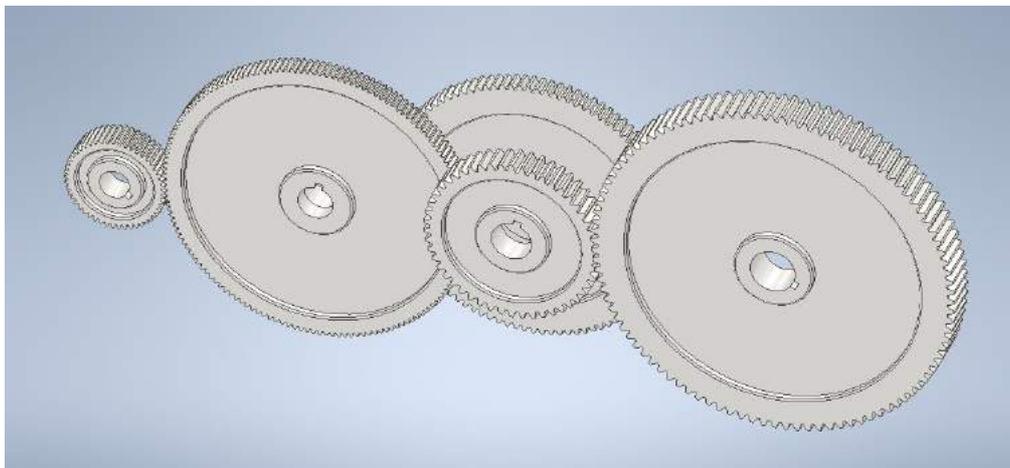
Estrutura com o elevador: Logo após essa etapa fizemos a prototipagem de uma estrutura para o elevador, nesse caso essa estrutura foi feita pensando em uma elevação de 3m. Na estrutura fica fixada na parte de cima outros dois conjuntos de roldanas complementares as duas que estão no elevador, fazendo então os conjuntos de quatro roldanas que para o cabo de aço percorrer (Figura 16 - Elevador estruturado).

Figura 16 - Elevador estruturado



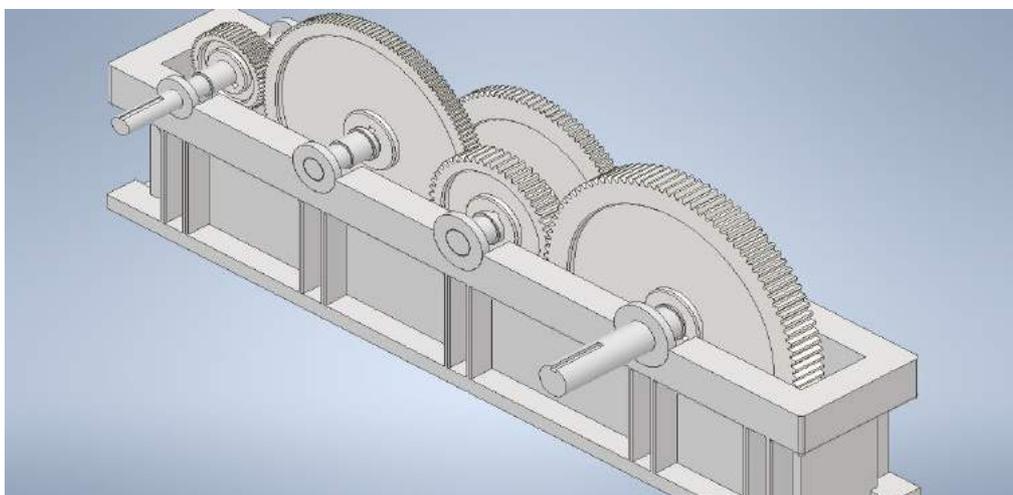
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 17 - Subconjunto de engrenagens completa do sistema do redutor



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 18 - Subconjunto do sistema de redução completo



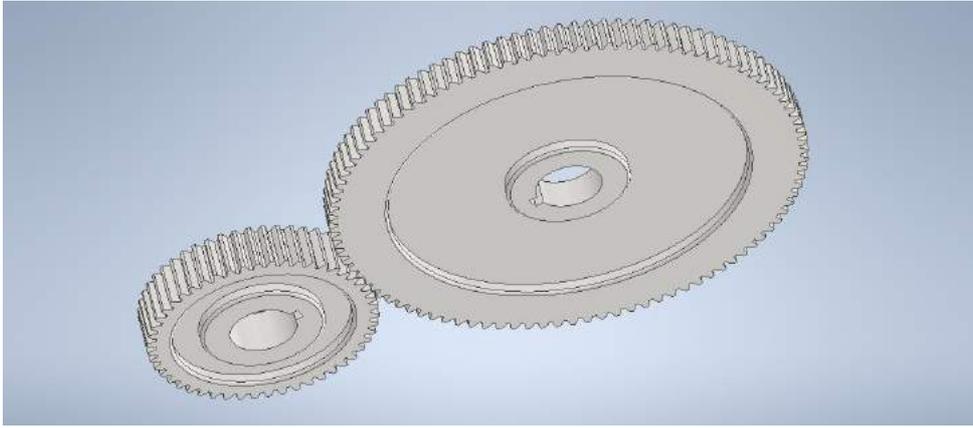
Fonte: Elaborada pelo autor.

Prototipagem virtual

O projeto do conjunto de elementos de máquinas utilizado no desenho do elevador de cargas foi executado no CAD Autodesk Inventor, ao qual foi baseado em cálculos realizados pela Equipe no que diz respeito aos elementos de máquinas empregados no projeto sendo os elementos de transmissão engrenagens, eixos, chavetas e elementos de apoio rolamentos, buchas e mancais.

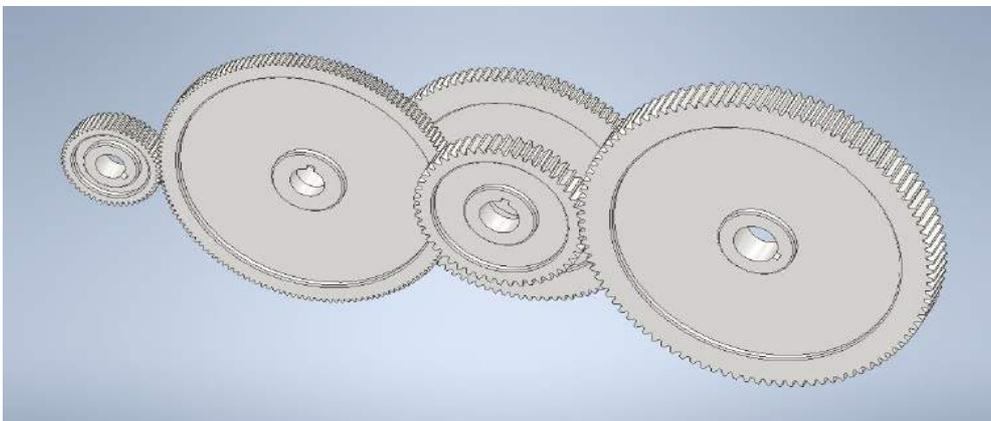
Através dos cálculos realizados pela equipe foram dimensionados os elementos de transmissão como os eixos, engrenagens e chavetas (Figura 19 - Par de engrenagens: Pinhão e coroa, Figura 20 - Conjunto de engrenagens completa do sistema do redutor, Figura 21 - Eixo-árvore do carretel do cabo de aço). Avaliou-se a tensão nos dentes das engrenagens os o diâmetro primitivo e o modulo e a largura ideais para o torque e velocidade ao qual o conjunto irá trabalhar.

Figura 19 - Par de engrenagens: Pinhão e coroa



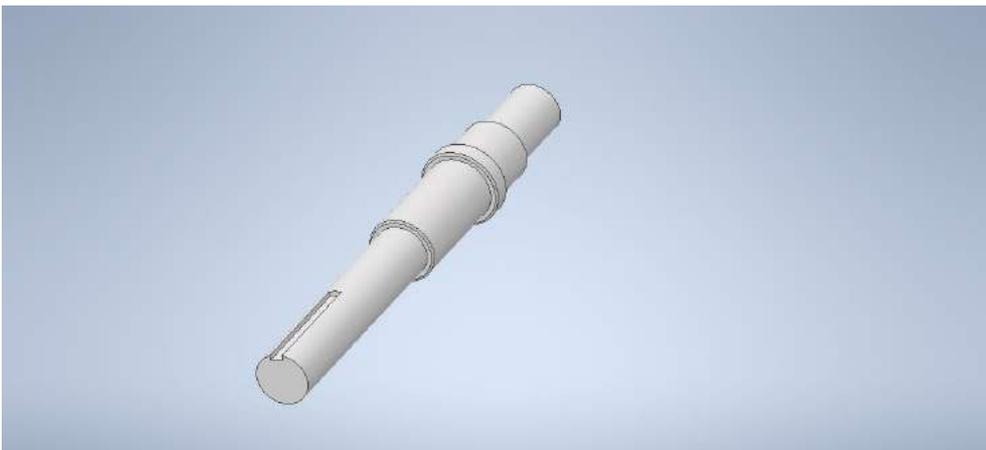
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 20 - Conjunto de engrenagens completa do sistema do redutor



Fonte: Elaborada pelo autor.

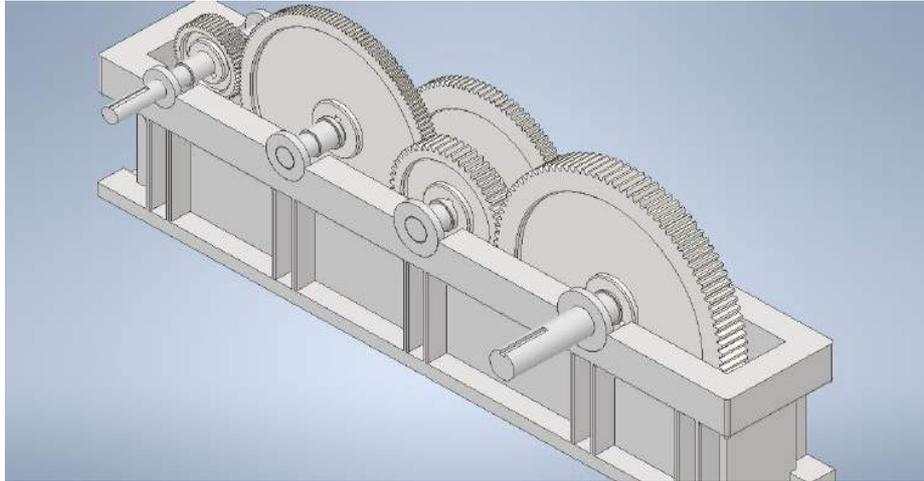
Figura 21 - Eixo-árvore do carretel do cabo de aço



Fonte: Elaborada pelo autor.

Eixo de transmissão de movimento de rotação, esse elemento permite a transmissão de um componente para o outro, no caso, as engrenagens transmitindo velocidade e torque de um elemento de transmissão. O eixo foi dimensionado de modo a resistir as cargas de torção e flexão do sistema de redução (Figura 22 - Conjunto do sistema de redução completo).

Figura 22 - Conjunto do sistema de redução completo

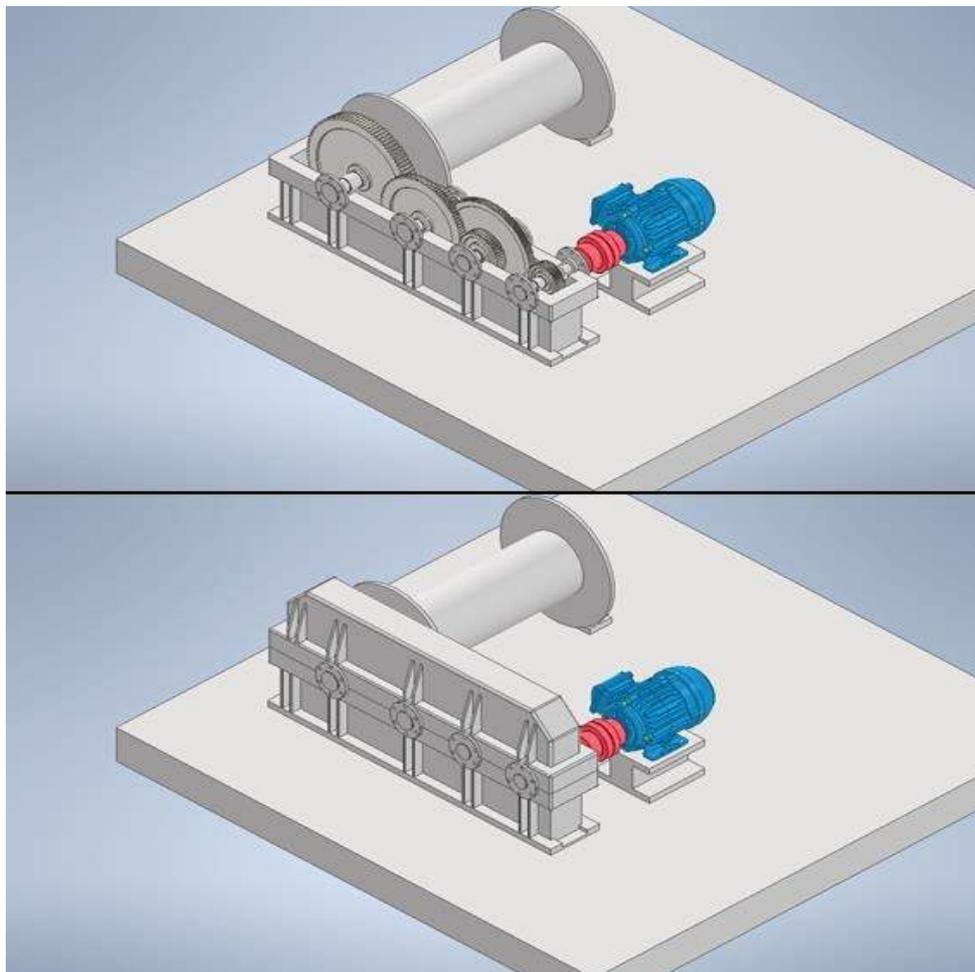


Fonte: Elaborada pelo autor.

O conjunto de redução permite a redução de velocidade e aumento de torque recebendo no eixo 1 uma rotação de 900rpm e no eixo 4 de saída com uma rotação de 75 rpm.

O conjunto de tração (Figura 23 - Conjunto completo do elemento de tração do cabo de aço) recebe a força do redutor fazendo girar o carretel onde um cabo de aço será enrolado fazendo com que o sistema acione o movimento vertical do elevador.

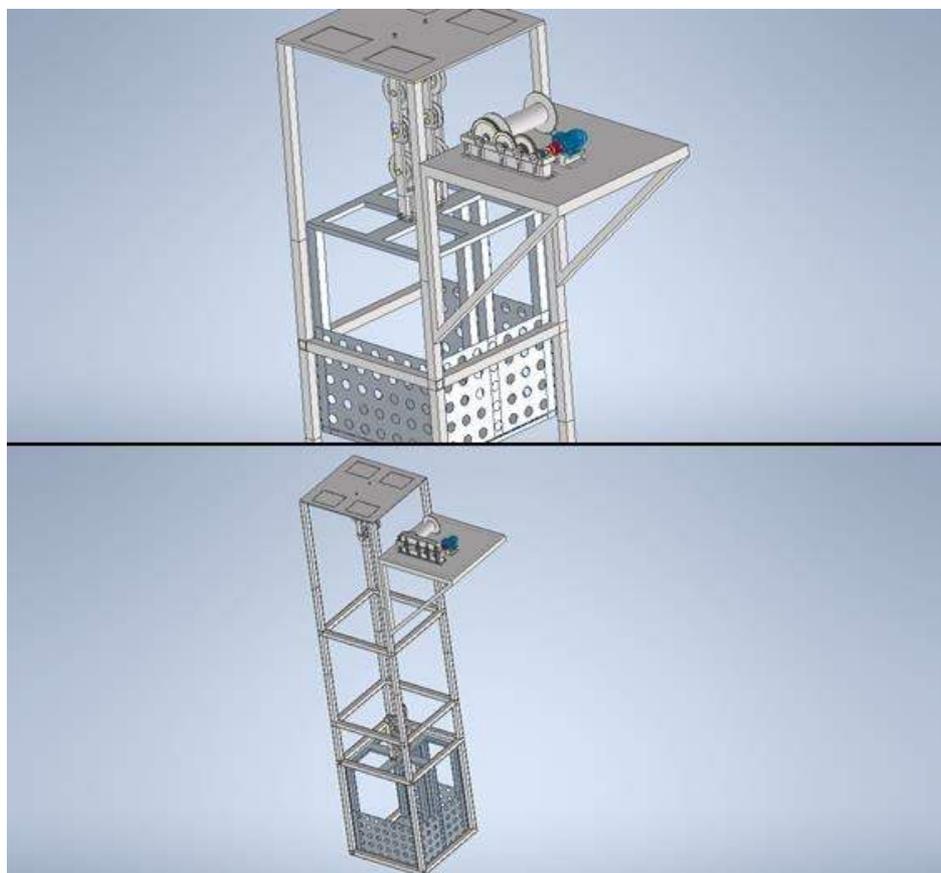
Figura 23 - Conjunto completo do elemento de tração do cabo de aço



Fonte: Elaborada pelo autor.

O elevador de carga em questão (Figura 24 - Elevador de carga) tem a função de transportar uma carga de um piso ao outro seja de elevação ou de decida. O funcionamento sistema se dá através de um movimento vertical de subida e decida de uma cabine responsável em alojar uma carga de até duas Toneladas, através de movimento rotativo e torque fornecido pelo motor elétrico de 11 kW e 900 rpm.

Figura 24 - Elevador de carga



Fonte: Elaborada pelo autor.

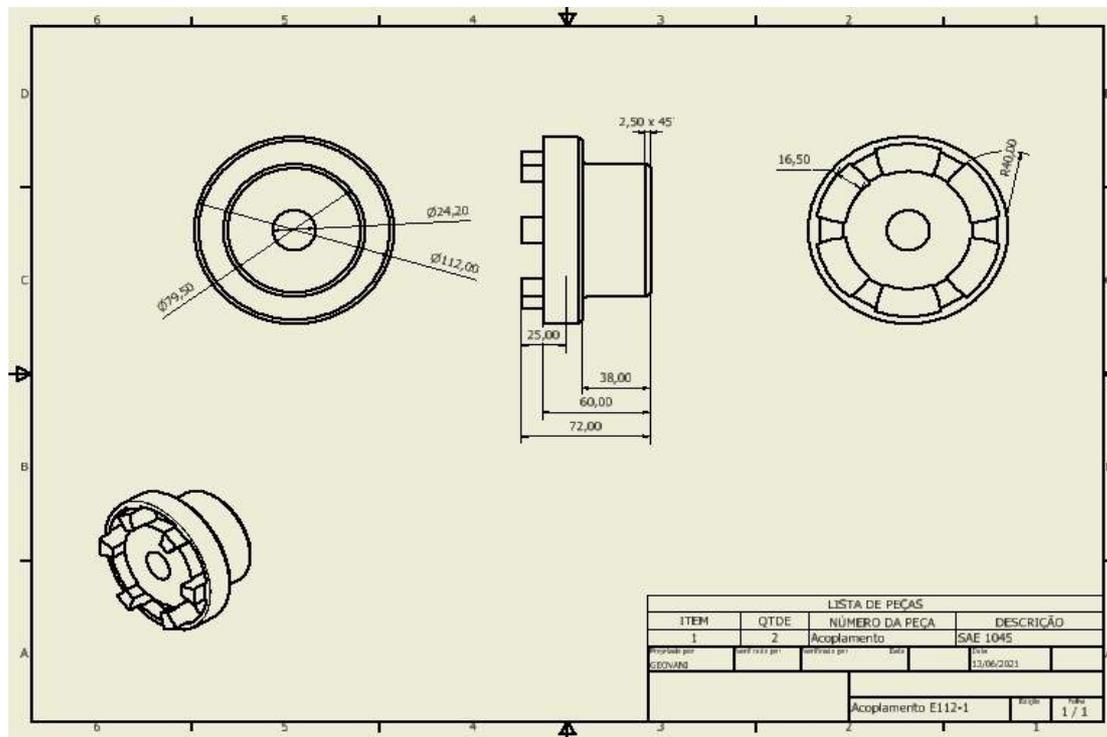
O movimento de rotação de 900 rpm é transmitido através de um eixo até a primeira engrenagem de redutor de velocidade ligados por um acoplamento mecânico amortecido, que por sua vez transmite esse movimento para a engrenagens motora do sistema fazendo uma redução de 2:1, reduzindo a velocidade e aumentando o torque até a próxima engrenagem, a movida, e assim transmitindo essa sequência até a saída do redutor de velocidade onde o mesmo transmite o movimento de rotação a uma velocidade de 75 rpm para um carretel onde será enrolado dois cabos de aço de 5/8", sendo um cabo dimensionado para suportar a carga total e o outro para segurança do sistema caso haja o rompimento de um dos o outro suportará o peso total da carga sistema.

Esse movimento de rotação passa então a ser um sistema de içamento de carga. Então o tracionamento do cabo passa por um sistema de roldanas que amplia a força de tração em quatro vezes, sendo que o sistema não contará com sistema de contrapesos que é habitualmente utilizado em elevadores de pessoas. Esse sistema de roldanas transmite o movimento que passou a ser linear até a cabine do elevador possibilitando um movimento de subida e decida do elevador.

Detalhamento de fabricação do dispositivo mecânico

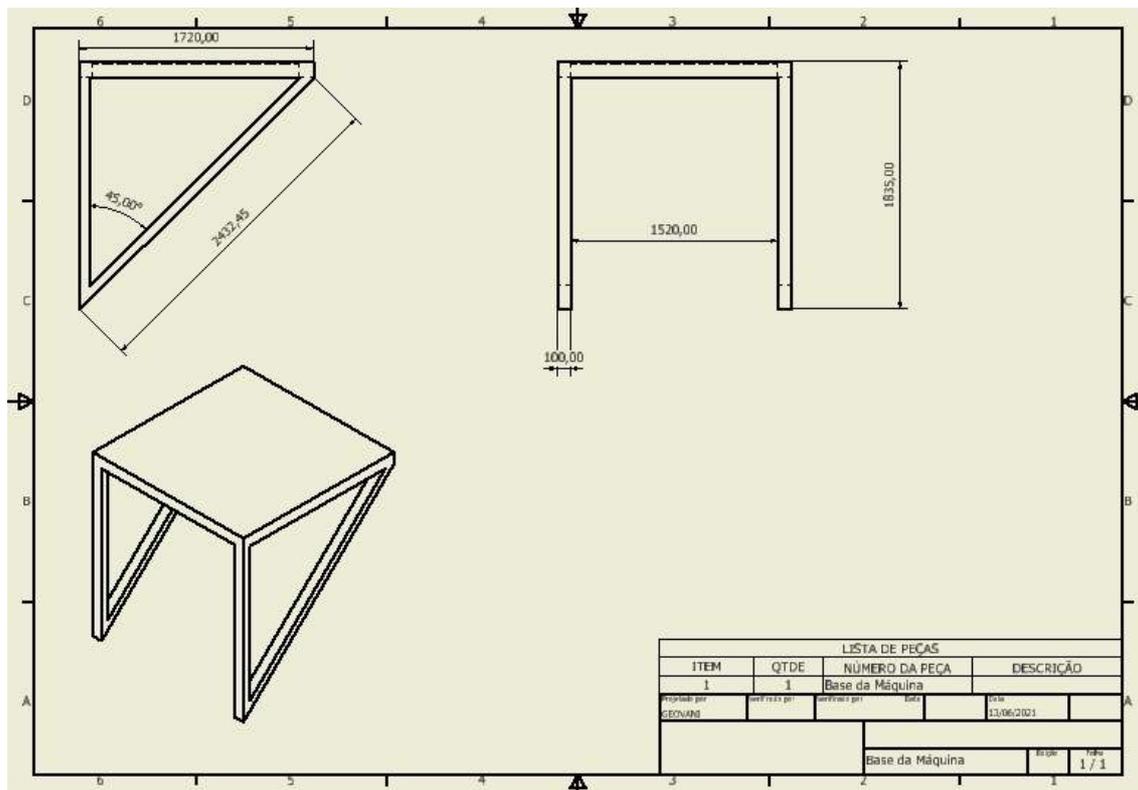
Abaixo os desenhos em suas respectivas vistas do detalhamento completo da fabricação de todos os dispositivos mecânicos:

Figura 25 - Acoplamento mecânico eixo 1 e motor



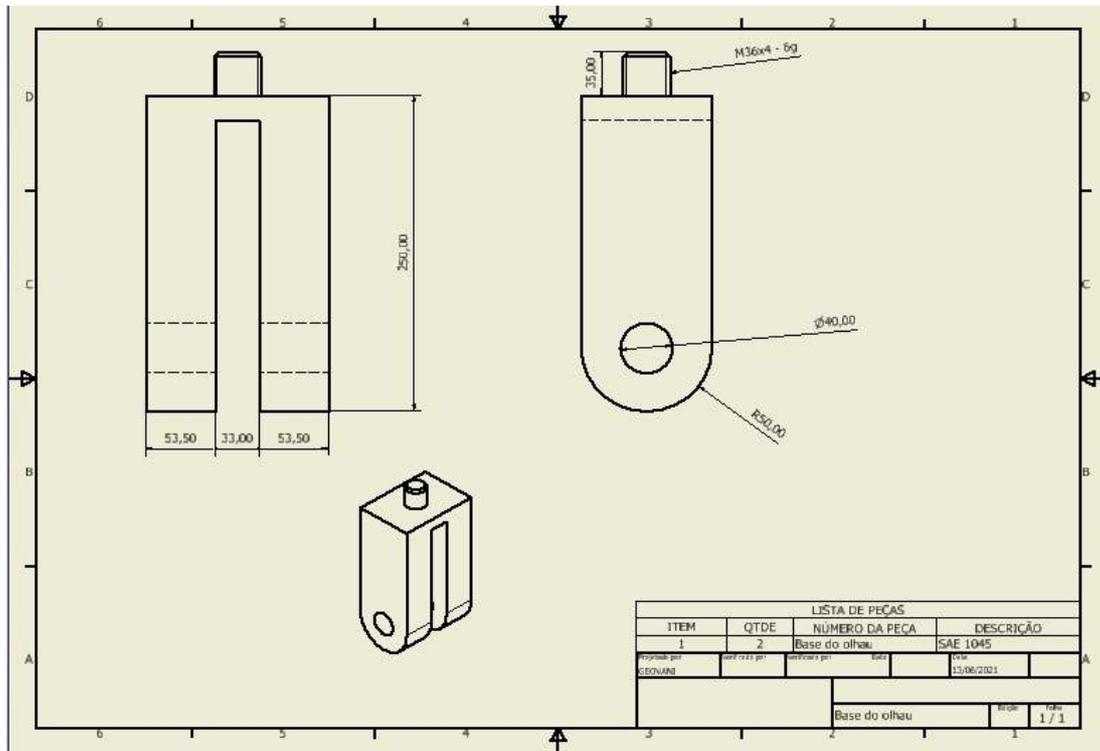
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 26 - Suporte do subconjunto de máquinas e redutor



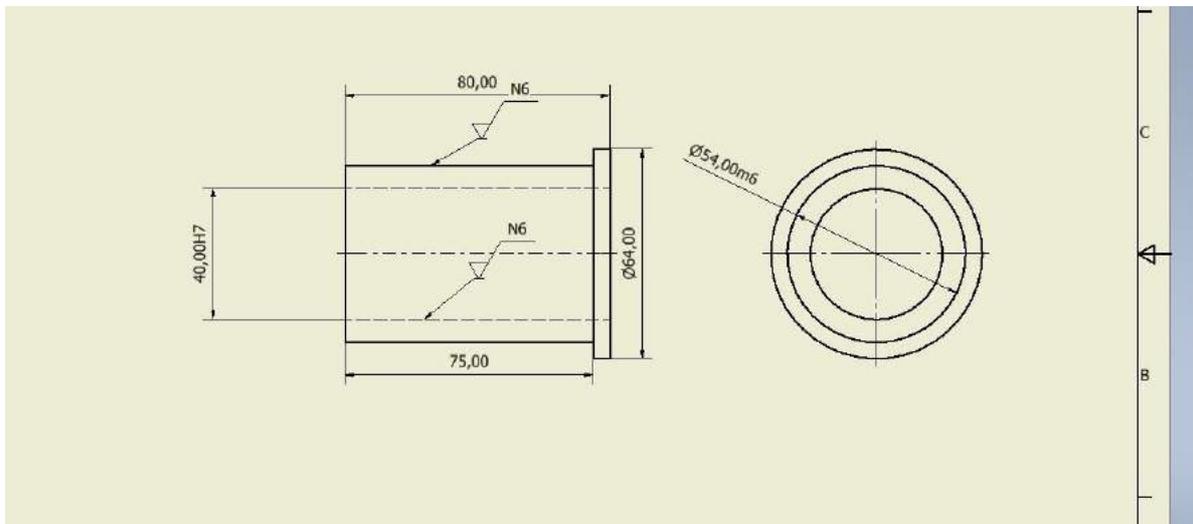
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 27 - Suporte de fixação do olhal



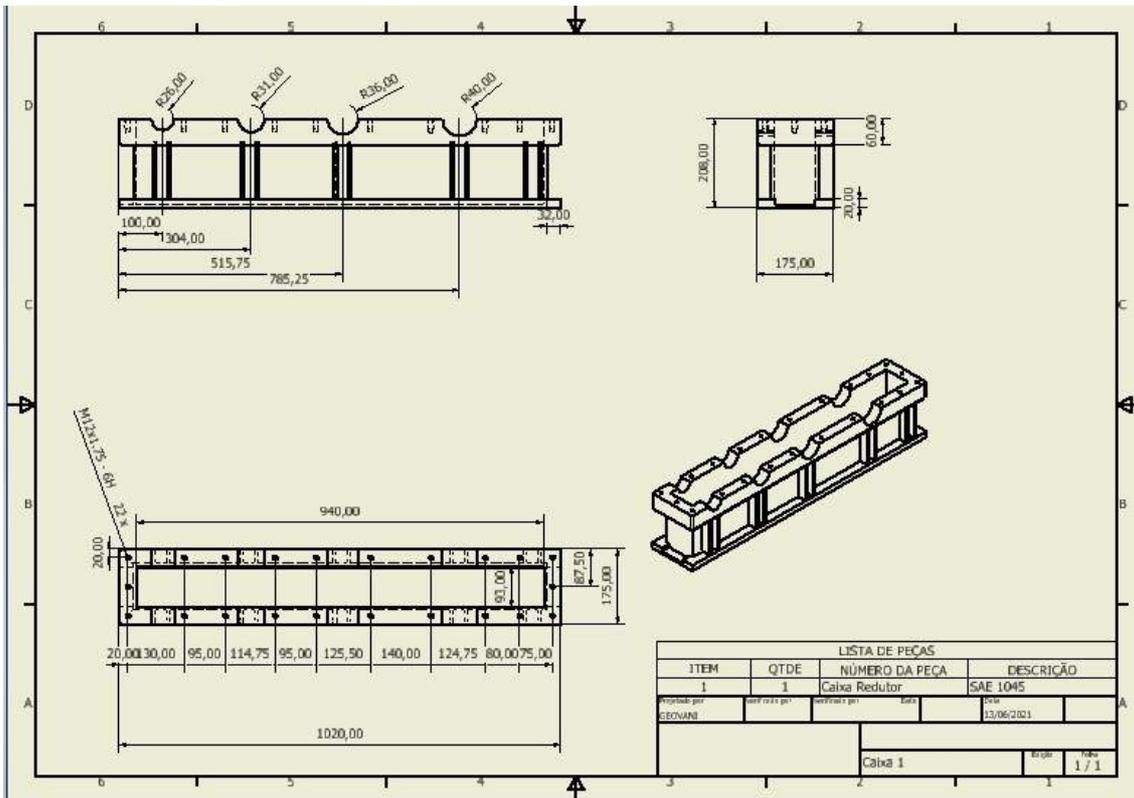
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 28 - Bucha do Mancal



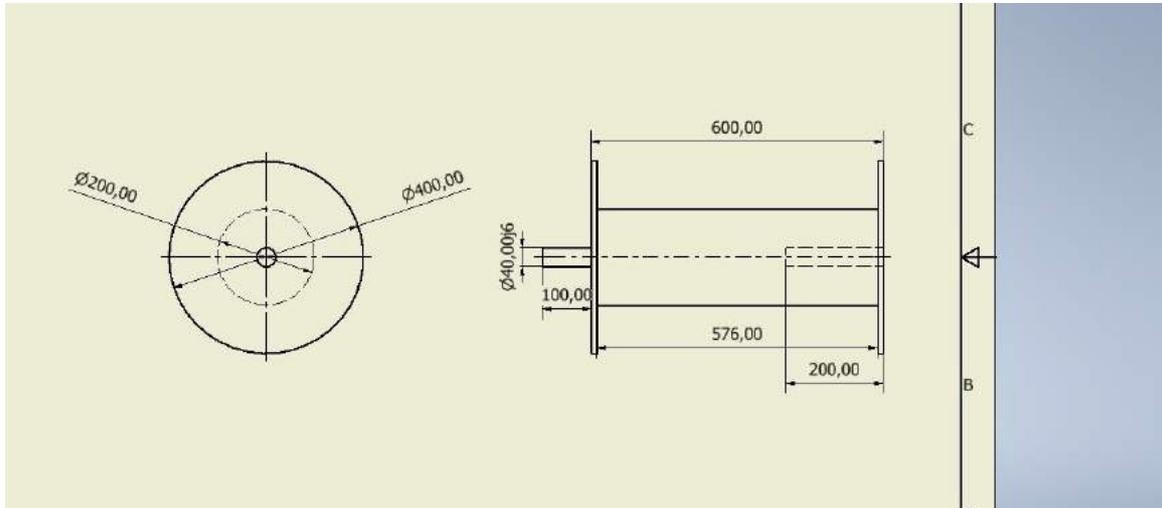
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 29 - Caixa do Redutor de velocidade



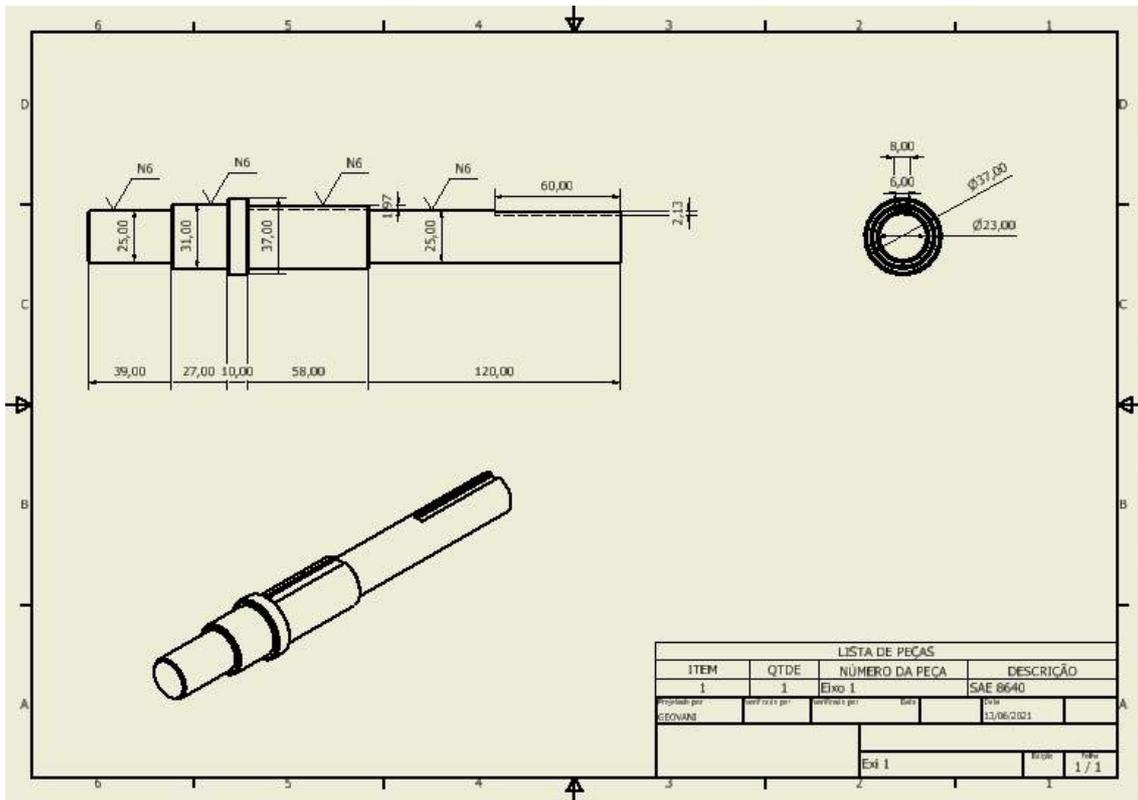
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 30 - Carretel do cabo de aço



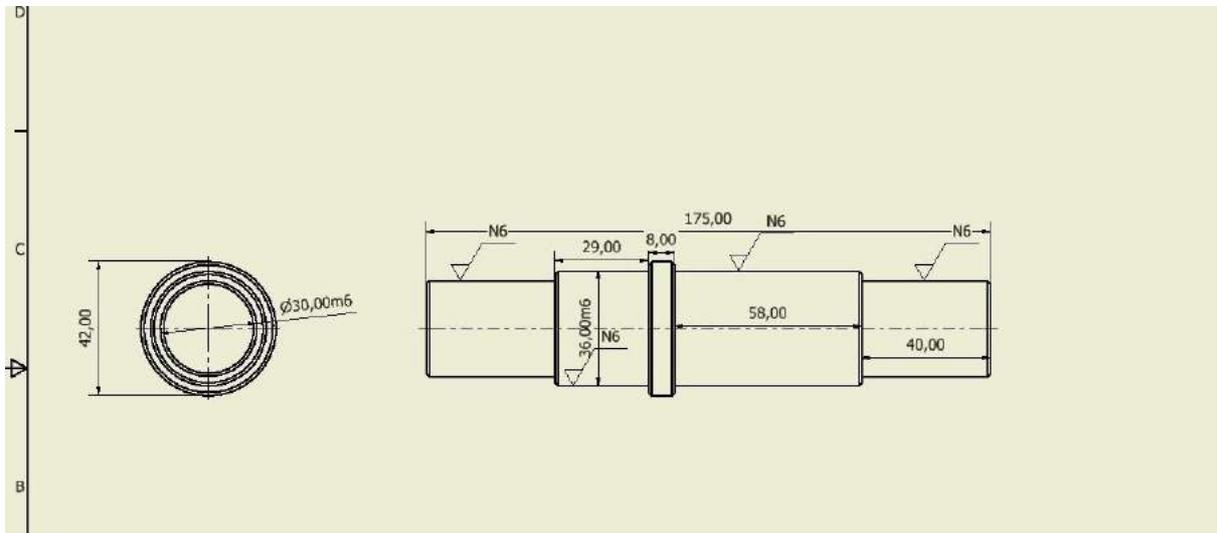
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 31 - Eixo 1



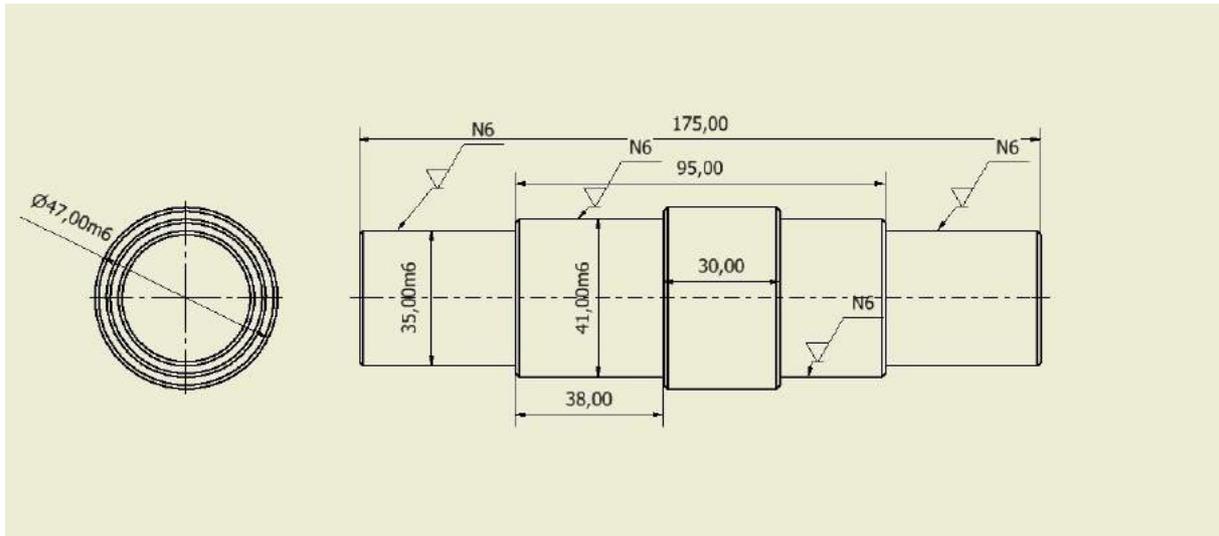
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 32 - Eixo 2



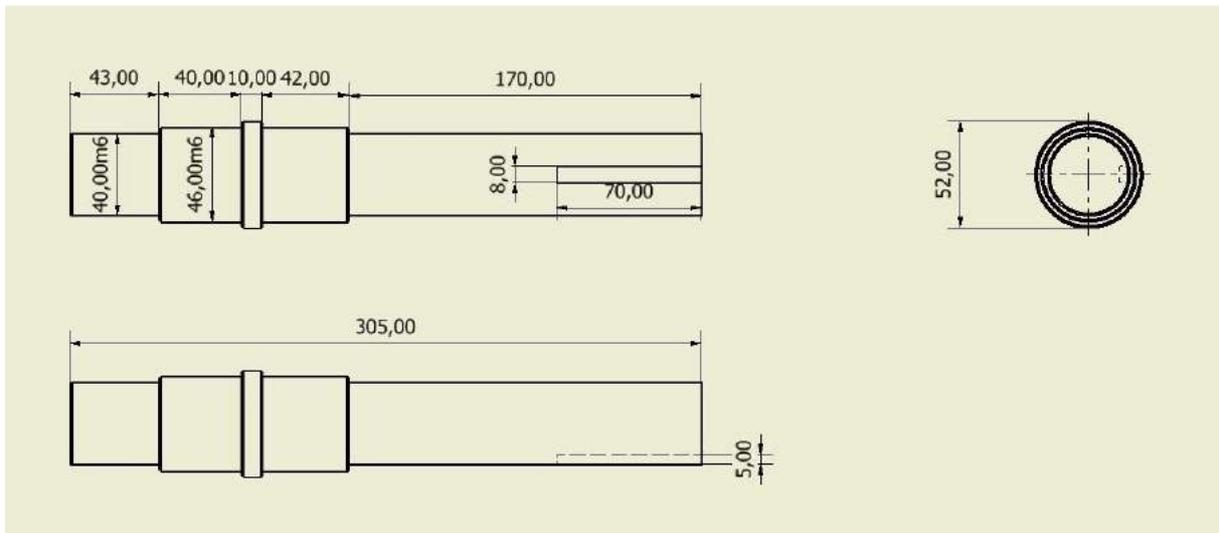
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 33 - Eixo 3



Fonte: Elaborada pelo autor.

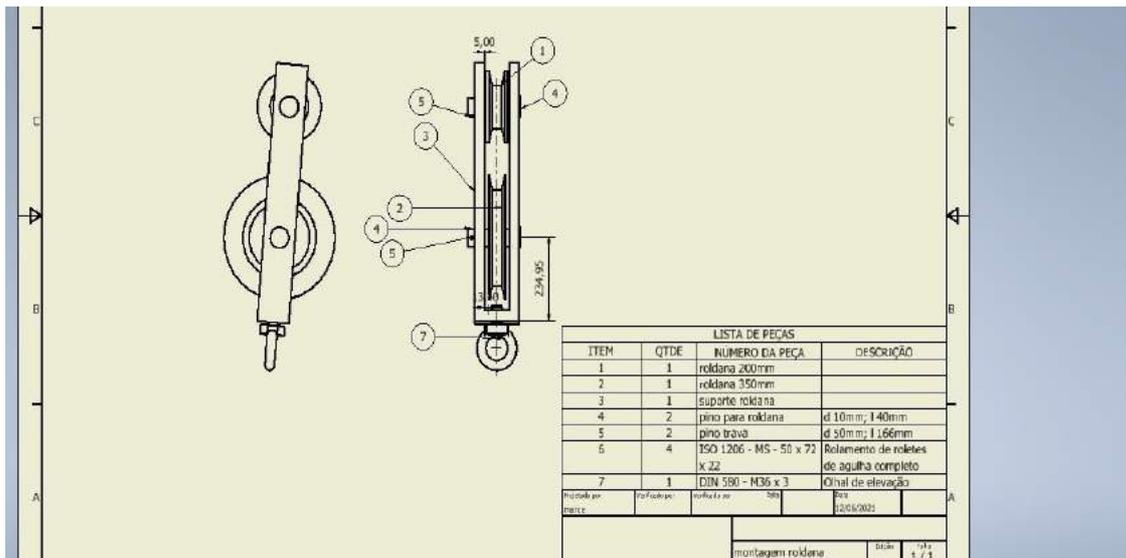
Figura 34 - Eixo 4



Fonte: Elaborada pelo autor.

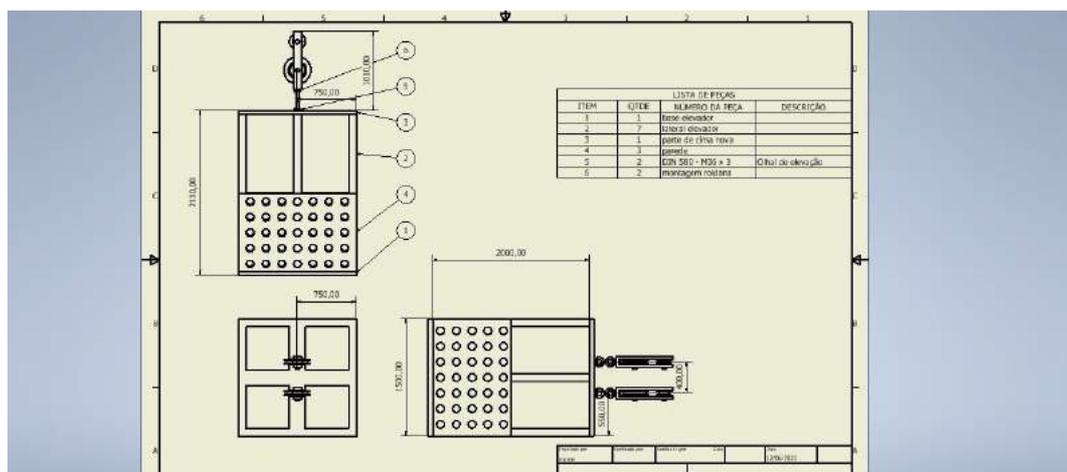
Detalhamento da montagem

Figura 35 - Conjunto de roldanas



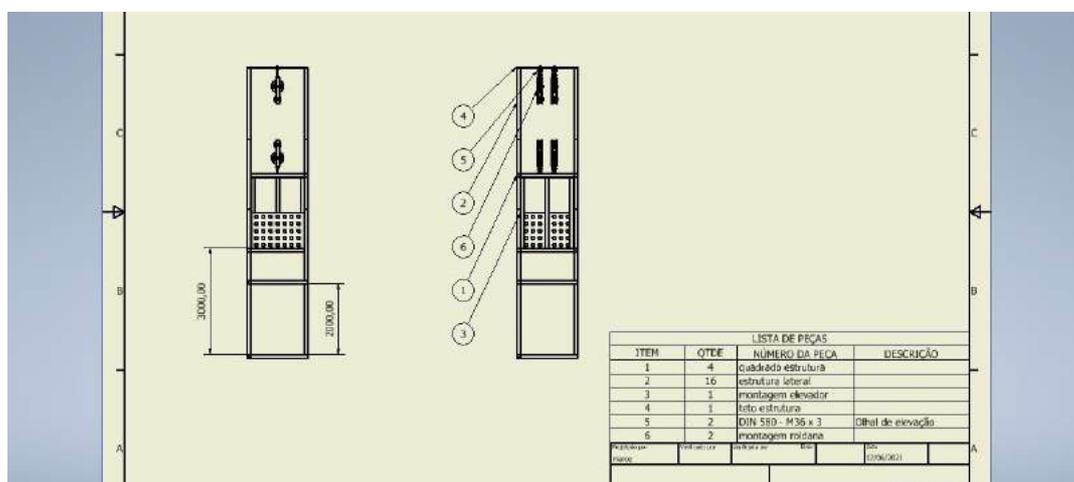
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 36 - Montagem do elevador



Fonte: Elaborada pelo autor.

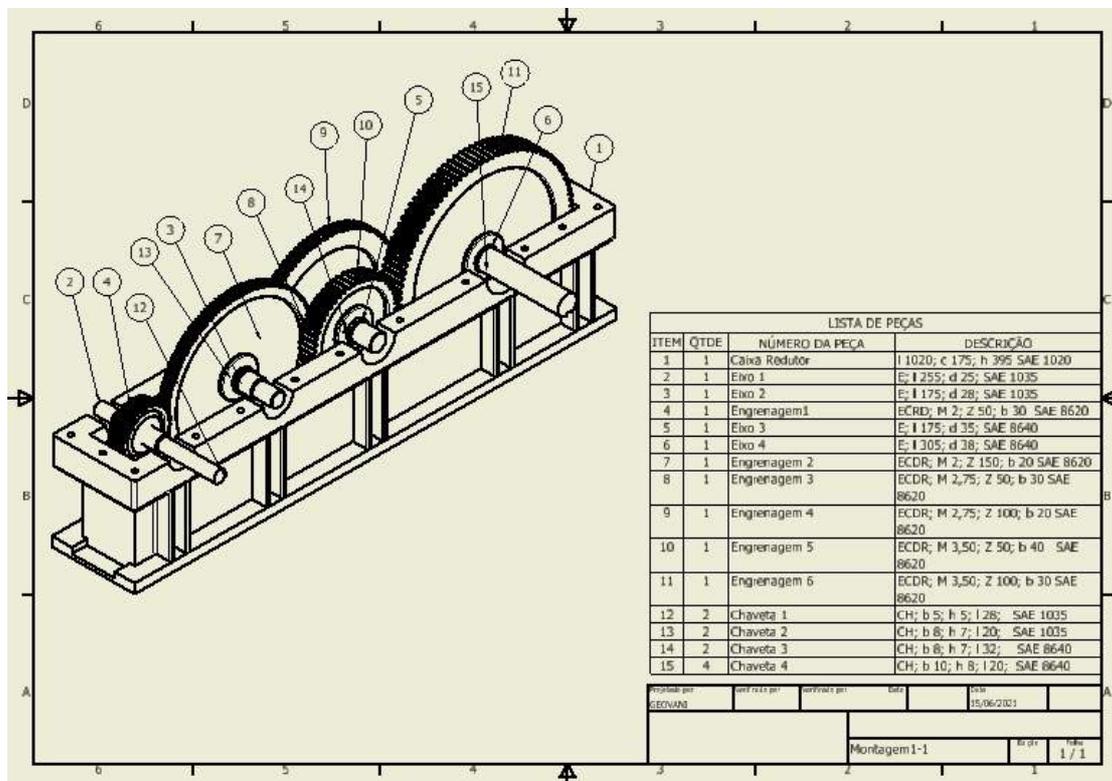
Figura 37 - Elevador com estrutura



Fonte: Elaborada pelo autor.

Subconjunto do redutor de velocidade (Figura 38 - Subconjunto do redutor de velocidade), esse sistema é responsável pela transmissão do torque e velocidade do motor elétrico até o carretel do cabo de aço. O sistema conta com uma caixa estrutural onde são alojados os mancais e rolamentos que por sua vez sustentam os eixos de transmissão.

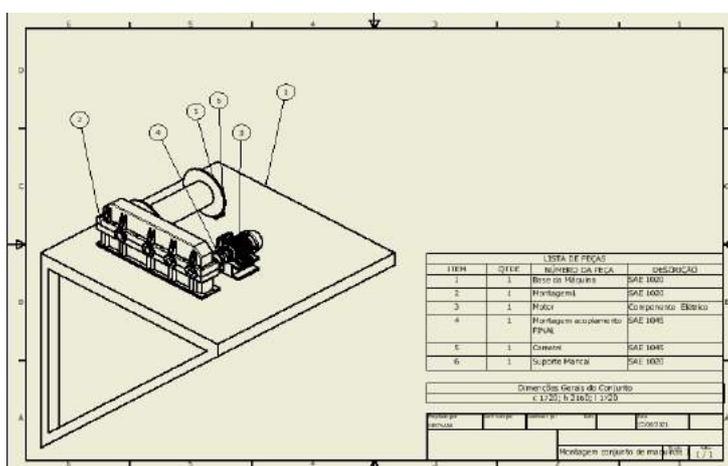
Figura 38 - Subconjunto do redutor de velocidade



Fonte: Elaborada pelo autor.

São no total oito mancais e oito rolamentos de roletas. O sistema conta também com quatro eixos de transmissão que são responsáveis em suportar as engrenagens e fazer a transmissão do movimento rotativo de uma engrenagem para a outra. Foram utilizados três pares de engrenagens de dentes retos, e um total de oito chavetas (Figura 39 - Subconjunto de máquinas).

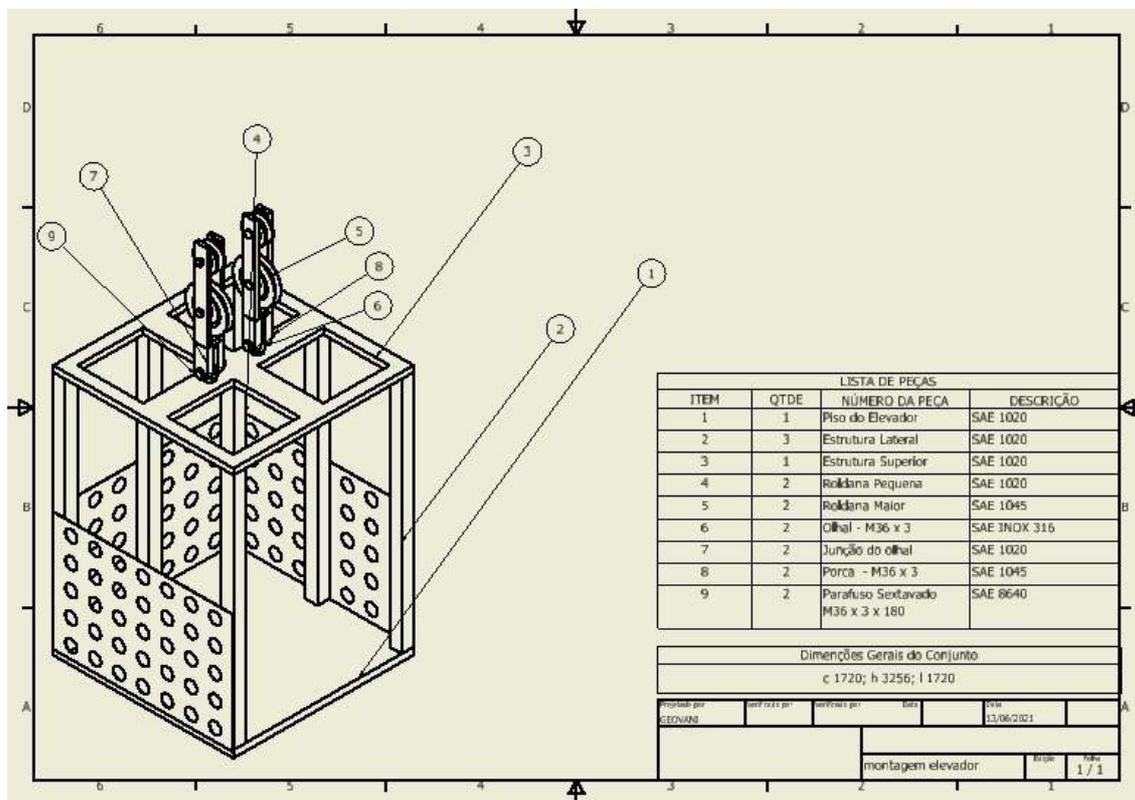
Figura 39 - Subconjunto de máquinas



Fonte: Elaborada pelo autor.

O sistema do subconjunto de máquinas (Figura 40 - Subconjunto de cabines e roldanas) conta com um redutor de velocidade de 1:12, um motor elétrico trifásico com 11 kW de potência com uma base em aço, um base estrutural de metalon 100x100 e chapa de aço de 1/2" e um carretel de aço onde será enrolado o cabo de aço sustentado em um lado pelo eixo do redutor e do outro um suporte e um mancal de sustentação. Através do torque fornecido pelo motor e ampliado pelo redutor de velocidade o sistema gira o carretel onde será enrolado o cabo de aço.

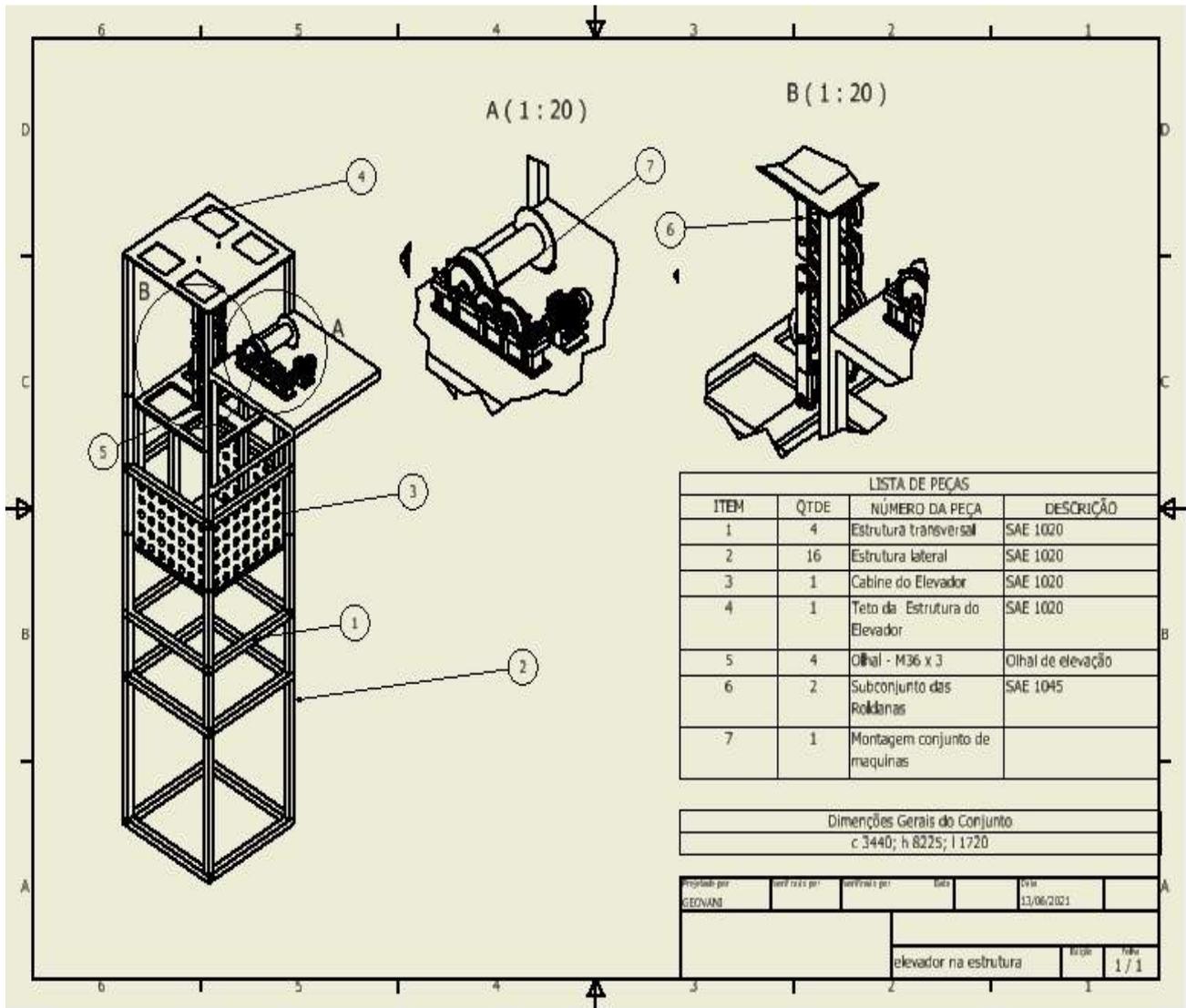
Figura 40 - Subconjunto de cabines e roldanas



Fonte: Elaborada pelo autor.

O sistema conta com uma cabine na qual serão inseridas as cargas a serem transportadas pelo elevador de cargas e dois conjuntos de roldanas por onde o cabo de aço deslizará e fará o içamento da cabine transportadora. O conjunto de roldanas conta com dois subconjuntos de roldanas sendo um responsável pela elevação da carga e o outro por segurança do conjunto caso haja um rompimento do cabo ou de um dos componentes que sustentam a estrutura, caso isso ocorra o outro conjunto foi dimensionado para sustentar toda a carga (Figura 41 - Montagem do elevador de cargas completo).

Figura 41 - Montagem do elevador de cargas completo



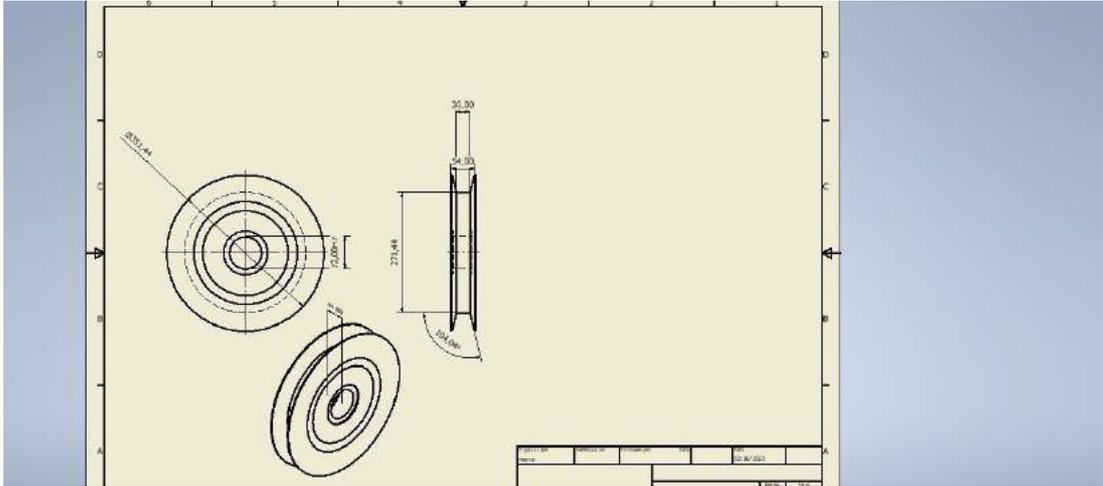
Fonte: Elaborada pelo autor.

O sistema foi projetado para fazer o transporte de cargas de maneira vertical entre os pisos de uma estrutura com dois ou mais andares de acordo com a necessidade do local. O sistema é composto pela cabine de elevação, estrutura externa de sustentação, conjunto de máquinas de tração e um conjunto de roldanas multiplicadoras de movimento.

Detalhamento dos componentes não-normalizados do dispositivo

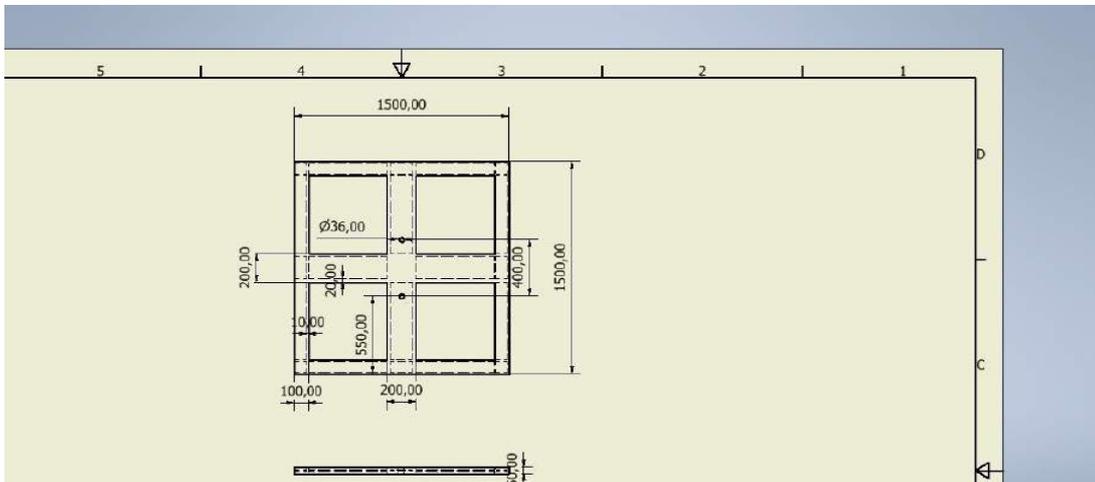
Abaixo os desenhos em suas respectivas vistas do detalhamento:

Figura 42 - Roldana menor



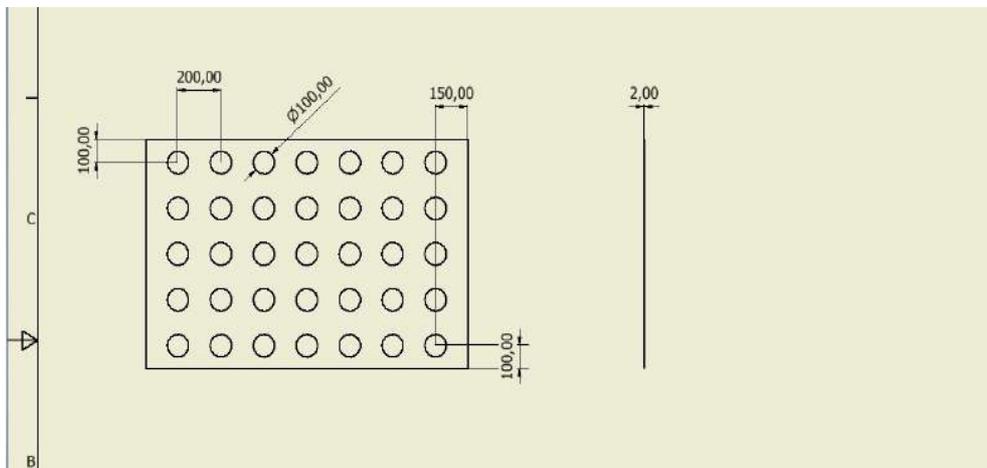
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 43 - Roldana maior



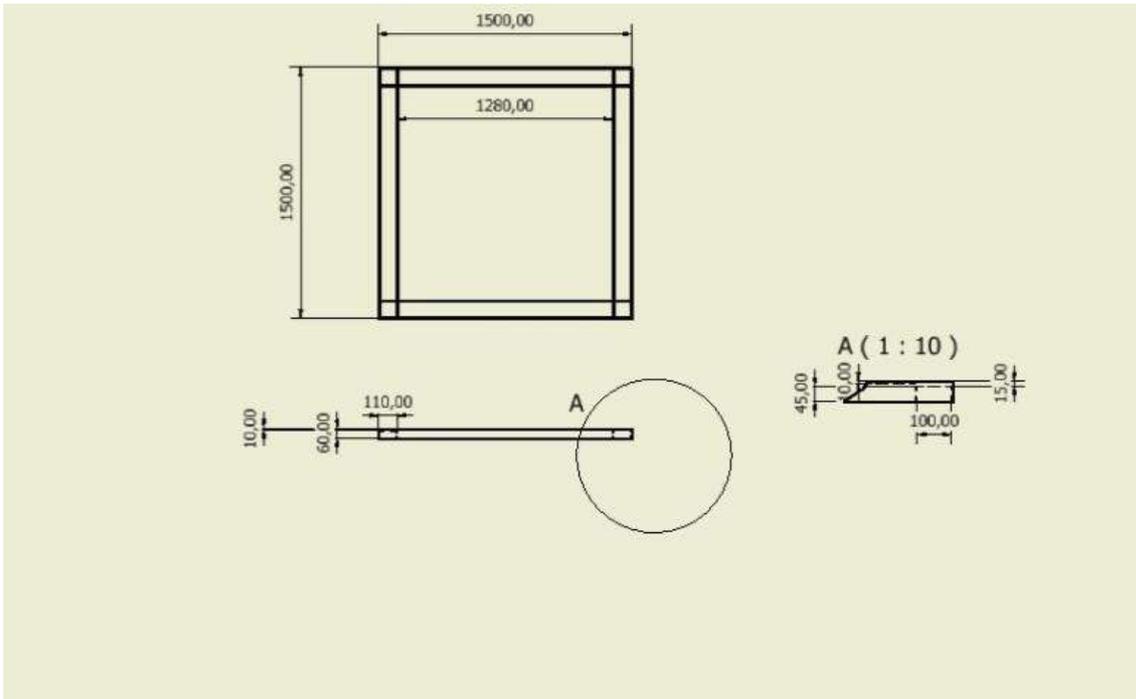
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 44 - Suporte de roldanas



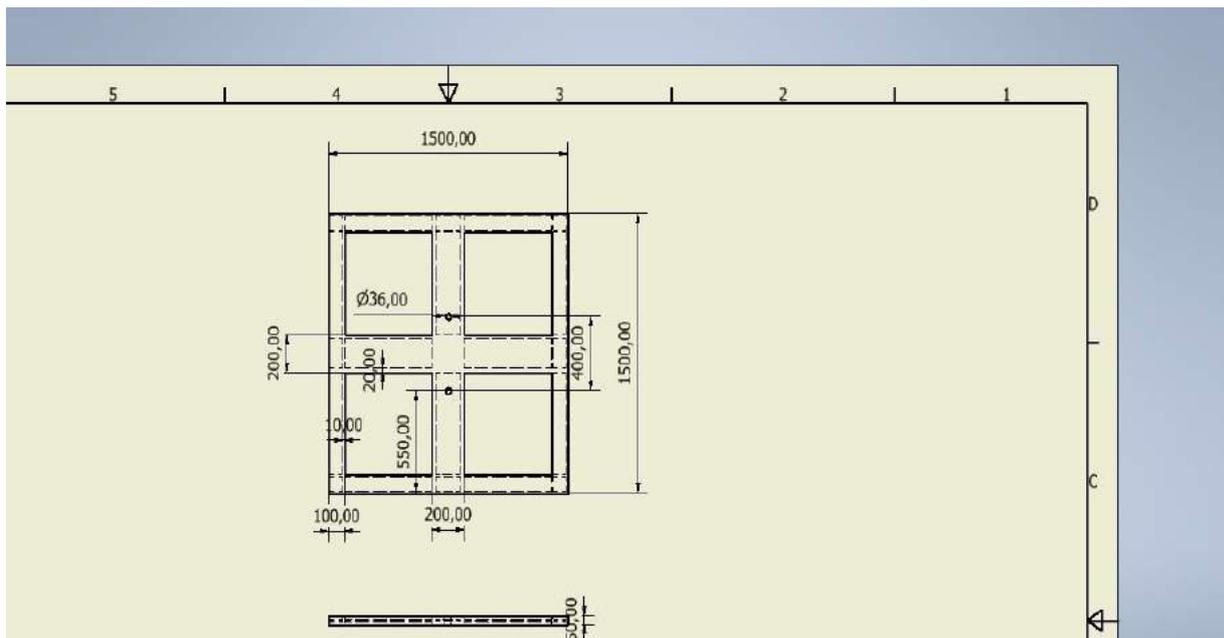
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 45 - Base do elevador



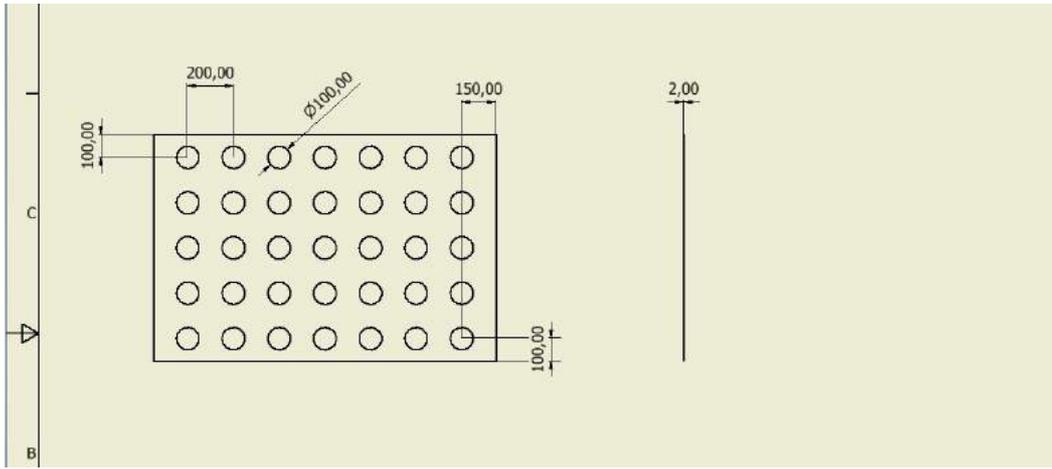
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 46 - Parte superior do elevador



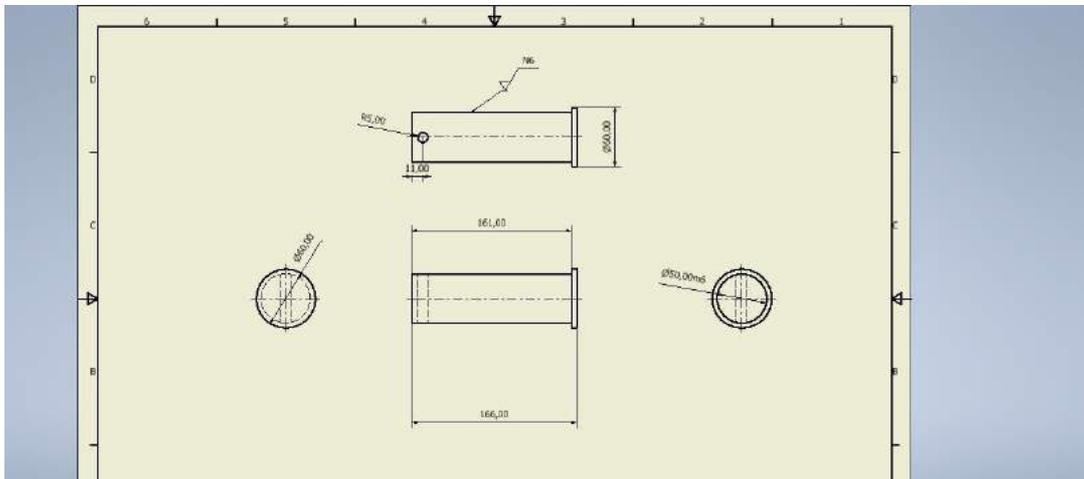
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 47 - Parte lateral do elevador



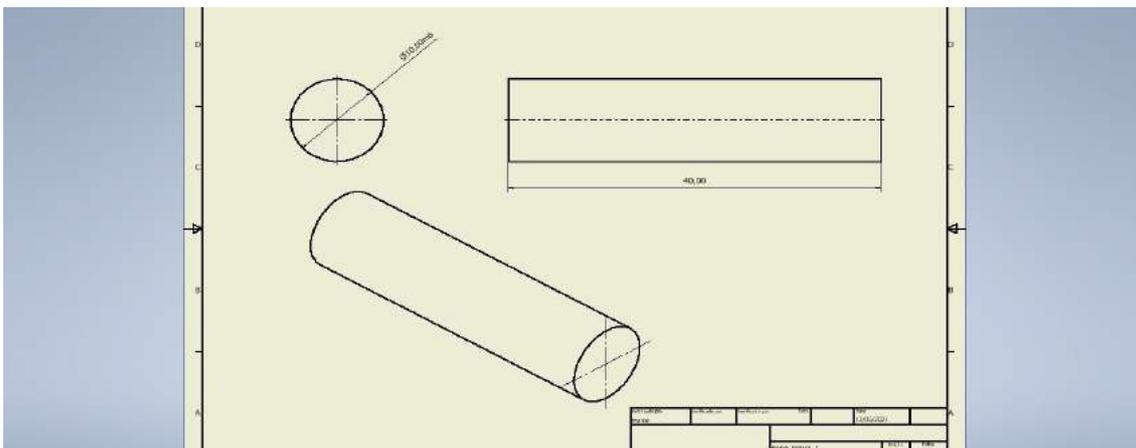
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 48 - Eixo para roldanas



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 49 - Pino trava do eixo das roldanas



Fonte: Elaborada pelo autor.

CONCLUSÃO

Com o trabalho proposto obteve-se um melhor entendimento de como é feita a elaboração de um projeto mecânico de elevador de carga, tal entendimento foi possível através de toda pesquisa e cálculos realizados na disciplina de Elementos de Máquinas e Projetos Mecânicos. Primeiramente, ao ser iniciado um projeto, é essencial uma reunião com todos os integrantes da equipe para se criar em comum acordo um primeiro esboço do projeto, contendo características gerais que influenciam em toda sua projeção, podemos citar, por exemplo, o peso nominal do elevador, o peso próprio aproximado, altura máxima e etc.

Foi importante também o conhecimento sobre o elevador de carga, seus primórdios, seu funcionamento, sua criação, evolução e principalmente entender para que serve cada item do elevador. Após isso, compreender como seriam divididas as tarefas dentro do grupo para melhor aproveitamento. Foram divididos em duplas, tal como citado, de acordo com o conhecimento de cada integrante (cálculo, desenho, pesquisas).

Conclui-se então que os cálculos são a verdadeira alma do projeto, a partir dele é possível compreender todos os valores que darão a noção a correta projeção do elevador. Cada elemento de máquina pertencente ao projeto é de suma importância que tenha valores precisos já que o funcionamento depende do dimensionamento correto de cada um, sem deixar de levar em consideração a viabilidade no custo final.

A parte dos cálculos foi a mais completa, pelo fato de que tudo que foi aprendido, foi também colocado em prática e calculado, para que o projeto saia exatamente como foi planejado. Conjuntamente com os cálculos, os softwares CAD também são ferramentas essenciais para elaboração de projeto, através dele conseguimos simular antes da montagem final todo o funcionamento de acordo com os cálculos, analisando cada carga e esforço nas peças, evitando falhas não visíveis por cálculos. Isso pode ser traduzido em menos gastos no projeto, diminuição de possíveis falhas na projeção e diminuição no tempo de entrega final.

REFERÊNCIAS

- AMANDIO, Rodrigo da Silva. Sistema automatizado de elevação de cargas. 2014. Tese de Doutorado. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.
- ANDRADE JÚNIOR, Irajá Gaspar. Tecnologia de rolamento. São Paulo: Associação.
- ÂNGELO, Nuno Tiago Duarte Proença. Projeto e Concepção de um Sistema Elevador Monta-cargas Industrial. 2016. Tese de Doutorado.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16042: Informação e documentação: Referências. Rio de Janeiro. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15597: Informação e documentação: Referências. Rio de Janeiro. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 196: Informação e documentação: Referências. Rio de Janeiro. 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14364: Informação e documentação: Referências. Rio de Janeiro. 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10982: Informação e documentação: Referências. Rio de Janeiro. 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 5665: Informação e documentação: Referências. Rio de Janeiro. 1983.
- BEER, Ferdinand Pierre; JOHNSTON, Elwood Russell. Resistência dos materiais. São Paulo: McGraw-Hill, 1989.
- BERNUY, Miguel Angel Chicaro; VIEIRA, Kleber José Rodrigues. Comando Microcontrolado para Elevador de Carga. UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas, 2015.
- DOLENKEI, Vagner Dejam. Desenvolvimento de um método para análise e dimensionamento de eixo veicular auxiliar para o transporte rodoviário. 2017.
- GALDINO, Luciano. Cálculo da rotação, do torque e da potência de motores elétricos para transmissão por parafusos de potência. Augusto Guzzo Revista Acadêmica, n. 14, p. 215-227, 2014.
- GENEROSO, Daniel João. Elementos de máquinas. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina-Campos de Araranguá, 2009.

- GONZALEZ, Francisco Esteban Navarro; LOZANO, Ernesto Rolando Martinez. Diseño, construcción e instalación de un elevador de carga en un centro comercial de la ciudad de Guayaquil. 2001.
- MALCONIAN. Manual técnico de cabos. Osasco: Arcelor Mittal, 2009, 105 p.
- MAZZO, Norberto. Engrenagens cilíndricas: da concepção à fabricação. Editora Blucher, 2013.
- NUCINI, Fábio Nogueira; SILVA, Leonardo Lenfers da. Otimização da treliça do carro do elevador de carga industrial. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- PINTO, Fábio da Costa. Sistemas de automação e controle. SENAI. Arcelor Brasil: CST. Espírito Santo, 2005.
- SANTOS, Raphael Augusto de Oliveira. Projeto preliminar de eixos e chavetas para sistemas de transmissão por engrenagens cilíndricas utilizando a linguagem VBA. 2017.
- SANTOS, Robson José dos; SASAKI, Daniel GG. Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de jovens e adultos. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 3, p. 3506-1-3506-9, 2015.
- WARMLING, Henrique. Estudo de adequação e normalização de elevador de carga tipo cremalheira. Engenharia Mecânica, 2020.

ESTUDO DA APLICAÇÃO DO PROBLEMA DE MÁXIMA COBERTURA PARA A ALOCAÇÃO DE CENTROS DE VACINAÇÃO PARA O COVID-19

Paulo Giovanni de Faria Zeferino
Rafael de Souza Pereira

RESUMO

O cenário de pandemia que temos vivido, comumente é associado a um momento de oportunidades para a ciência biológica se desenvolver. Seja entendendo o comportamento da doença ou desenvolvendo tratamentos para ela, como foi feito por inúmeras nações e laboratórios que se uniram para a criação de vacinas contra o Covid-19. Entretanto o cenário de uma pandemia, reúne uma série de oportunidades para que haja a contribuição de outras áreas. Dentre elas, a pesquisa operacional, em que neste artigo, busca suportar a gestão pública com o desenvolvimento de um modelo matemático que suporte aos gestores decidir o número e a melhor localização dos postos de vacinação. De modo que atendas as particularidades de cada localidade, a um custo mínimo e com redução da proliferação da doença.

Palavras-chave: Covid-19, localização, pesquisa operacional, problema de máxima cobertura.

INTRODUÇÃO

Os coronavírus que afetam os seres humanos eram considerados patógenos irrelevantes, pois normalmente causavam resfriados comuns em pessoas saudáveis. Porém, o surgimento do SARS e do MERS provocou uma mudança neste posicionamento, devido ao fato de ambos serem responsáveis por causar epidemias globais com taxas alarmantes de morbidade e mortalidade (Feitoza, 2020). Em dezembro de 2019, outra variação do coronavírus que afeta os seres humanos foi descoberta em Wuhan, capital da província de Hubei, na China (Paules, 2020). Denominado de COVID-19 (Coronavirus Disease 2019), essa doença é causada pelo coronavírus da Síndrome Respiratória Aguda Grave 2 (SARS-CoV-2). O aumento exponencial do número de pessoas infectadas fez com que a Organização Mundial de Saúde decretasse o estado de pandemia (WHO, 2021).

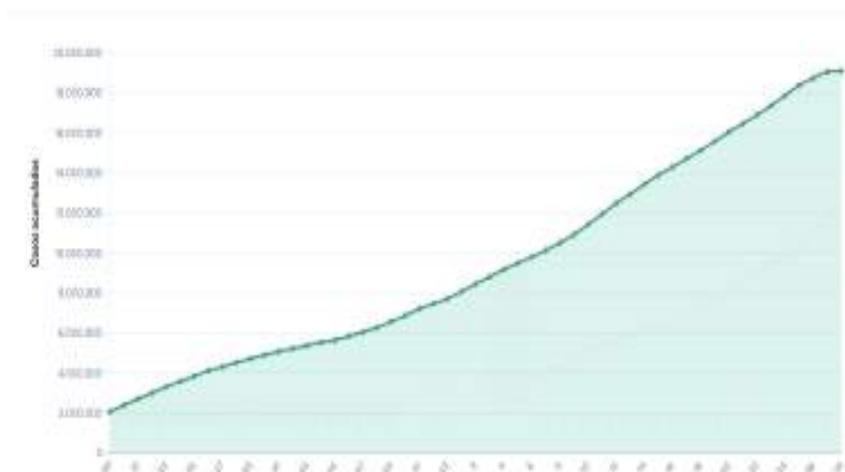
Nesse período, a pandemia de coronavírus já era realidade em mais de 114 países, contaminando 118 mil pessoas e levando a morte mais de 4.291 pessoas, de acordo com Organização Mundial de Saúde (BBC News, 2021). Mesmo com a adoção de medidas sanitárias que visassem a não proliferação do contágio, o número de casos e mortes foram aumentando em todo mundo. Hoje, embora já se existam alguns tipos de imunizantes, o número mundial de casos já ultrapassa a marca de 172 milhões, com

mais de 3 milhões de mortes (Our World in Data, 2021).

De acordo com dados do portal G1, até a data de desenvolvimento deste artigo, o Brasil já havia registrado 16 milhões de casos, com 467 mil mortes. A figura 2 ilustra a evolução do aumento no número de casos no Brasil. A tendência é que essa situação esteja ainda mais grave no decorrer dos próximos meses, aumentando a demanda por leitos específicos para o tratamento dos infectados pelo coronavírus.

Para evitar tal cenário, torna-se necessário que o processo de vacinação da população brasileira ocorra de maneira rápida e eficiente. Com o aumento do número de pessoas vacinadas será possível diminuir os níveis de transmissão e a quantidade de pessoas infectadas, reduzindo assim a procura por atendimento médico e tratamento em uma UTI. O trabalho realizado por laboratórios ao redor do mundo contribuiu, em tempo recorde, para o desenvolvimento de vacinas para auxiliar na prevenção da infecção pelo coronavírus. Segundo o portal Veja Saúde (2021), o Brasil já está realizando a aplicação das vacinas Comirnaty (Pfizer/BioNTech), Coronavac (Butantan/Sinovac) e Covishield (AstraZeneca/Oxford), bem como a aplicação de imunizantes mais recentes tais como o Sputnik V e a Janssen.

Figura 1 - Evolução do número de casos semanais de COVID-19 no Brasil, em 2021



Fonte: Painel Coronavírus. Coronavírus Brasil. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br>

De acordo com dados do Ministério da Saúde (2021), o Governo Federal já distribuiu mais de 100 milhões de doses, totalizando 10.7% da população vacinada com as 2 doses. O baixo percentual da população imune se justifica por problemas políticos vivenciados pelo Governo, a falta de insumo farmacêutico ativo (IFA) para produção de vacinas, a crise econômica e a dificuldade dos governos municipais de realizarem a gestão do processo de vacinação nas cidades.

Os governos municipais têm recebido semanalmente pequenos lotes de imunizantes, de acordo com a política definida pelos governos estaduais. Com base nessas entregas são definidas as políticas municipais de priorização da vacinação, assim como a quantidade e a localização dos postos de vacinação. Sob essa perspectiva, este artigo busca auxiliar os gestores municipais a encontrar um modelo matemático que suporte a definição da quantidade e da melhor localização dos postos de vacinação, visando atender o maior número de pessoas e contribuir para a diminuição do número de infectados.

MODELO MATEMÁTICO PARA O PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO

Segundo Feitosa e Cabral (2020), mesmo com a adoção de medidas drásticas para limitar a disseminação do coronavírus, essa pandemia levará a um número significativo de mortos, causando um impacto imprevisível nos sistemas de saúde e na economia mundial. Logo, a necessidade de dados precisos e confiáveis sobre a situação, tais como o número de casos confirmados, o total de mortos, o total de internações e de recuperações, entre outros, torna-se extremamente importante. Tais informações podem ser utilizadas pelos gestores públicos, auxiliando-os em questões que envolvam tomadas estratégicas de decisão. A análise desses dados permite a elaboração de um modelo matemático adequado para o tratamento de diversos tipos de problemas e situações.

Devido ao aumento crescente no número de casos confirmados e de mortalidades, a definição do número mínimo necessário de postos de vacinação e de sua melhor localização, são aspectos determinantes para o sucesso das políticas públicas. Para tratar problemas como este, a literatura apresenta metodologias relacionadas aos problemas de cobertura de conjuntos (SCP, ou Set Covering Problem) e de localização de máxima cobertura (MCLP, ou Maximum Coverage Location Problem). A utilização das técnicas relacionadas a esse tipo de problema pode auxiliar os gestores públicos no processo de tomada de decisão para a escolha dos locais mais adequados para a instalação de centros de vacinação, com base em uma série de restrições econômicas, logísticas e estruturais, dentre outras.

Geralmente, a questão de determinar a melhor localização para uma determinada facilidade é tratada como um problema de localização de máxima cobertura. Este método tem sido consideravelmente utilizado na literatura desde a sua formulação feita por Church e ReVelle (1974). O problema busca obter a configuração para localizar facilidades que atendam o maior número de indivíduos de uma população, considerada uma dada distância ou um tempo padrão do ponto de demanda. Este modelo não tem por objetivo atender toda a população, mas sim oferecer o máximo de atendimento, considerando os recursos disponíveis.

Frequentemente, nos problemas de localização, a distância (ou tempo) entre os pontos de demanda e a facilidade à qual elas estão sendo alocadas é o fator que representa a qualidade dos serviços que são prestados aos usuários.

Assim, deve-se cuidar para que sua localização permita aos usuários chegar ao centro em um tempo aceitável, de forma que o tempo de espera para atendimento seja o menor possível ou que a quantidade de pessoas na fila seja mínima, uma vez que esses são parâmetros importantes na medida da qualidade desejada (Marianov e Serra, 1998).

FORMULAÇÃO DO PROBLEMA PARA POSTO DE VACINAÇÃO

Em um problema de localização, o objetivo escolher um conjunto de pontos de facilidades que permitem atender um dado conjunto de pontos de demanda. Um ponto de facilidade cobre um ponto de demanda se este ponto de demanda está dentro de uma dada métrica, usualmente uma medida de distância ou de tempo, de um ponto de facilidade.

Para a solução exata problema proposto neste artigo utilizamos o método MCPL, com ajustes equivalentes ao método SCP, cujo a formulação matemática é apresentada a seguir:

Maximizar:

$$z = \sum_{i \in I} a_i y_i$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq y_i \quad \forall i \in I$$

$$\sum_{j \in J} x_j \leq P$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I$$

Onde:

$$N_i = \{j \in J \mid d_{ij} \leq S\} \text{ para } \forall i \in I$$

- m = número de pontos de demanda
- n = número de possíveis locais de facilidades
- I = conjunto de pontos de demanda
- J = conjunto de pontos candidatos a locais de facilidades
- S = máxima distância de cobertura
- d_{ij} = distância de cada ponto de demanda i para cada provável facilidade j
- c_j = custo de usar a localidade j , para $j = 1, \dots, n$
- N_i = o conjunto dos possíveis pontos de facilidade j que cobrem o ponto de demanda i
- $x_j = 1$, se o ponto de facilidade j está ocupado, 0 caso contrário
- $y_i = 1$, se o ponto de demanda i está ocupado, 0 caso contrário
- a_i = o bônus pela cobertura do ponto de demanda i , para $i = 1, \dots, m$
- P = o número máximo de locais de facilidades que podem ser ocupados

Conforme descrito por Dos Santos e Müller (2005), caso $a_i = 1, i = 1, \dots, m$, então o MCLP torna-se um problema de maximização de cobertura de pontos de demanda, e se todos os pontos de demanda são cobertos, o MCLP é equivalente ao SCP. Como exemplo de aplicações que utilizam o MCLP, os autores citam as seguintes: Ótima localização de radares de vigilância; Otimização de redes de telecomunicações; Localização de estações de busca e salvamento; Planejamento de rede de ambulâncias; Localização de sirenes de emergência; Projeto de uma rede de monitores para controle da poluição do ar; Escolha e composição de listas para realizar uma campanha publicitária pelo correio; Seleção de áreas prioritárias para conservação; Identificação de áreas que representam a máxima possível representação de espécies específicas.

Para este artigo, o problema de definir a localização e quantidade de postos necessários para atender a população de forma satisfatória e que atenda as restrições identificadas pode ser representado da seguinte maneira:

Minimizar:

$$z = \sum_{j \in J} f_j \cdot \text{local_selecionado}_j + \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} c_{ij} \cdot \text{total_atendimento}_{ij}$$

Sujeito a:

$$\sum_{j \in J} \text{total_atendimento}_{ij} = 1 \quad \forall j \in J$$

$$total_atendimento_{ij} \leq local_selecionado_j \text{ para } \forall i \in I \text{ e } \forall j \in J$$

Onde:

- $i \in I$ = índice para o conjunto das regiões de São José dos Campos
- $j \in J$ = índices para os conjuntos dos possíveis centros de vacinação
- $p \in \mathbb{Z}^+$ = total de centros que devem ser construídos
- $f_j \in \mathbb{R}^+$ = custo fixo associado à construção de um centro de vacinação $j \in J$
- $d_{ij} \in \mathbb{R}^+$ = distância entre um centro de vacinação $j \in J$ e uma região $i \in I$
- $c_{ij} \in \mathbb{R}^+$ = custo de implantação entre o local do possível centro de vacinação $j \in J$ e a localização de uma determinada região $i \in I$. Considera-se que esse custo é proporcional à distância entre o centro de vacinação e a região. Isto é, $c_{ij} = \alpha \cdot d_{ij}$, onde α é o custo por cada quilômetro percorrido
- $local_selecionado_j \in \{0,1\}$ = esta variável é igual a 1 se construirmos um centro de vacinação no local candidato $j \in J$, 0 caso contrário

$0 \leq total_atendimento_{ij} \leq 1$ = determina o total de atendimentos de uma região $i \in I$, relacionada com o centro de vacinação $j \in J$

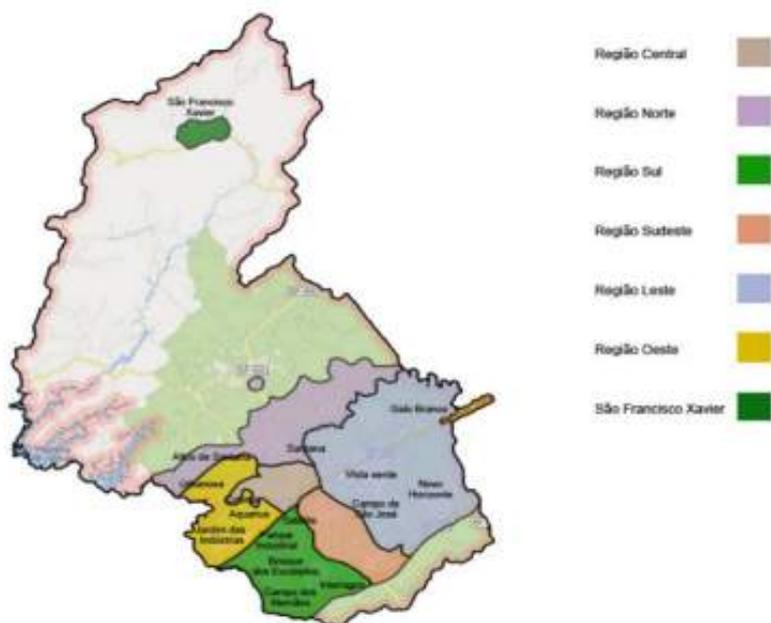
IMPLEMENTAÇÃO DAS SOLUÇÕES

A aplicação do método se justifica, por contribuir para que a população de São José dos Campos – SP, usada como exemplo neste estudo, consiga ser vacinada contra o coronavírus de uma forma mais eficaz, com redução nos custos orçamentários, visto que os postos serão localizados em regiões onde seja possível dividir a demanda, sem gerar alto tempo de espera e longos deslocamentos da população, conforme ilustra a figura 3.

Para a solução do problema proposto neste artigo foi utilizado a linguagem de programação Python, versão 3.9, sendo que todos os códigos foram implementados dentro do ambiente denominado JupyterLab (2021). Para a codificação da solução exata, utilizou-se uma licença educacional do solver Gurobi (2021), em sua versão 9.1.2. A solução heurística foi baseada na implementação do algoritmo k-means.

Inicialmente, foram considerados os dados pela Prefeitura Municipal de São José dos Campos (SP). Que apresenta os dados da população de cada um dos bairros da cidade de São José dos Campos, conforme coleta realizada pelo censo de 2010. Essas informações representam a demanda de vacinação da cidade. O custo de instalação de um posto de vacinação foi estimado em torno de 15 mil reais, apenas para efeito de aplicação no modelo, não correspondendo totalmente aos valores existentes na realidade, de maneira que os custos impactem na função objetivo (um custo muito baixo significa que o modelo sempre irá instalar o número total de postos disponíveis, de modo a minimizar a distância entre os bairros, o que não garantiria o funcionamento do modelo proposto). Como opção de localização para os postos de vacinação, considerou-se as escolas municipais e as unidades básicas de saúde (UBS).

Figura 2 – Mapa da cidade de São José dos Campos, com a representação das regiões que apresentam possibilidades para a instalação de centros de vacinação para o COVID-19.



Fonte: Prefeitura Municipal de São José dos Campos

Geralmente, quando se almejam resultados rápidos para uma questão crítica, uma opção é simplificar ao máximo o problema e considerar a utilização de uma heurística. Dessa maneira, com o objetivo de se comparar o resultado obtido por meio da solução exata, foi desenvolvido uma heurística baseada no algoritmo k-means. Esse algoritmo é utilizado para agrupar N objetos baseados em k partições (Chen e Xia, 2009).

O algoritmo k-means é um método iterativo que busca particionar o conjunto de dados em subgrupos distintos e não sobrepostos pré-definidos, denominados *clusters*, onde cada ponto de dados pertence a apenas um grupo. Esse método tenta tornar os pontos de dados existentes nos interiores dos grupos tão semelhantes quanto possível, enquanto também gerencia a distância existente entre os clusters. Ele atribui pontos de dados a um *cluster* de modo que a soma da distância quadrada entre os pontos de dados e o centroide do cluster seja mínima. Quanto menos variação tivermos dentro dos clusters, mais semelhantes serão os pontos de dados existentes em seu interior. Para solucionar um problema, o k-means utiliza os seguintes passos:

- Passo 1: atribuem-se de valores iniciais para os protótipos, seguindo algum critério;
- Passo 2: atribui-se cada objeto ao grupo cujo protótipo possua maior similaridade com o objeto;
- Passo 3: recalcula-se o valor do centroide de cada grupo, como sendo a média dos objetos atuais no grupo;
- Passo 4: repete-se os passos 2 e 3, até que os grupos se estabilizem.

O algoritmo *k-means* pode ser representado da seguinte maneira (Pichiliani, 2021):

Algoritmo 2 *k-means*

```
1: Entrada  $\leftarrow X = \{x_1, \dots, x_n\} \in \mathbb{R}^D$  ( $N \times D$  conjuntos de dados);
2: Saída  $\leftarrow C = \{c_1, \dots, c_n\} \in \mathbb{R}^D$  ( $K$  centroides);
3: // Selecione aleatoriamente um subconjunto  $C$ , a partir do conjunto de
4: // entrada  $X$ . Utilize  $C$  como o conjunto inicial de clusters
5: Enquanto o critério de encerramento não for atingido faça
6:   Para ( $i = 1; i \leq N; i = i + 1$ ) faça
7:     // Atribua  $x_i$  para o cluster mais próximo
8:      $m[i] = \operatorname{argmin} \|x_i - c_k\|^2, k \in \{1, \dots, K\}$ ;
9:   Fim
10:  Calcule o novo centroide de cada cluster;
11:  Para ( $k = 1; k \leq K; k = k + 1$ ) faça
12:    // Cluster  $S_k$  contém o conjunto de pontos  $x_i$  que são mais
13:    // próximos ao centro  $c_k$ 
14:     $S_k = \{x_i \mid m[i] = k\}$ ;
15:    // Calcule o novo centro  $c_k$  como sendo a média dos pontos
16:    // que pertencem a  $S_k$ 
17:     $c_k = \frac{1}{|S_k|} \sum_{x_i \in S_k} x_i$ ;
18:  Fim
19: Fim
```

RESULTADOS OBTIDOS

Foram obtidos os resultados para a solução do problema utilizando uma abordagem pelo método exato, considerando as restrições identificadas, junto com uma proposta de solução por meio da heurística do método *k-means*. Além disso, também apresentamos um comparativo de simulações, variando o número de municípios e a quantidade de centros de vacinação, utilizando dados das coordenadas de todos os municípios brasileiros.

Solução pelo Método Exato

A aplicação do método exato utilizando-se o solver Gurobi, de acordo com o modelo matemático proposto neste artigo, retornou que o atendimento da demanda de vacinação da população de São José dos Campos pode ser obtido com a instalação de 5 centros de vacinação.

O tempo de execução do modelo, considerando um total de 76 regiões ou localidades, foi de aproximadamente 0.7 segundos. Foram utilizadas 1.672 variáveis contínuas e 22 variáveis inteiras. Com base nos parâmetros de entrada, o orçamento para construção desses centros de vacinação visando o atendimento de 100% da população é de R\$ 92.125,65. Tais centros devem ser construídos nas seguintes localidades:

1. Centro (Jardim Oswaldo Cruz): Escola Municipal de Ensino Fundamental Prof^a Áurea Cantinho Rodrigues;
2. Leste (Jardim Nova Detroit): Unidade de Saúde Básica;
3. Leste (Chácara Pousada do Vale): Escola Municipal de Ensino Fundamental Prof^o Geraldo de Almeida;

4. Norte (Jardim Telespark): Escola Municipal de Ensino Fundamental Prof^a Mariana Teixeira Cornélio;
5. Sul (Jardim Morumbi): Escola Municipal de Ensino Fundamental Prof^a Homera da Silva Braga.

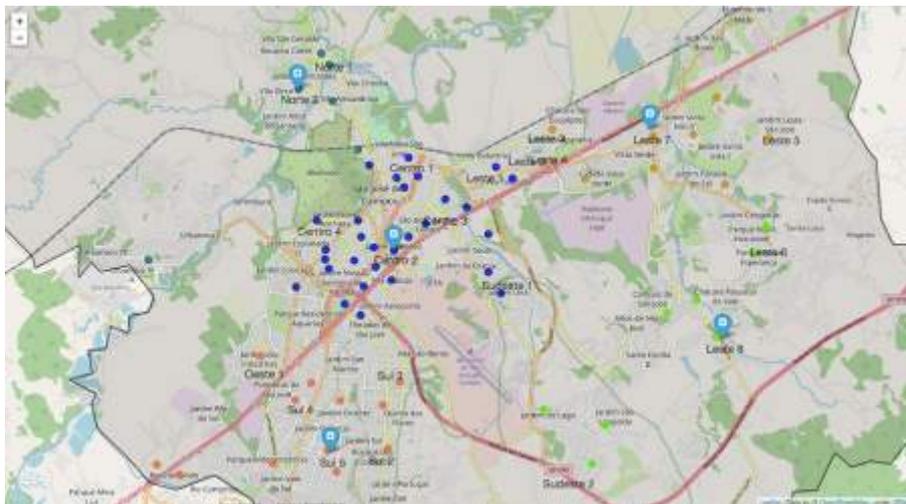
A figura 4 ilustra a localização desses centros dentro do mapa territorial da cidade de São José dos Campos. Cada ícone azul corresponde ao local onde deverá ser instalado um respectivo centro de vacinação. Podemos perceber um adequado distanciamento entre os centros de vacinação, de modo que não venha a provocar aglomerações e grandes impactos na rotina de cada localidade.

Solução pelo Método Heurístico

De maneira similar ao que foi realizado para o método exato, foi desenvolvida uma heurística para encontrar o número e a melhor localização para os centros de vacinação.

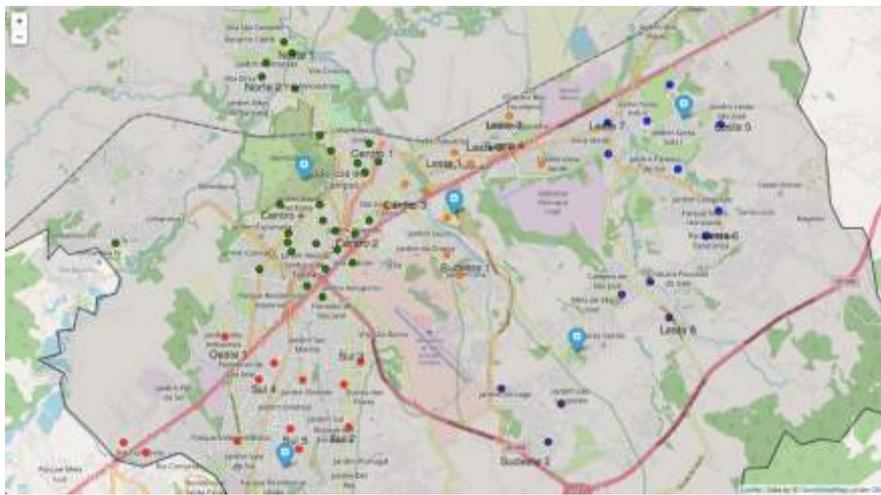
A implementação de uma solução heurística utilizando-se o algoritmo *k-means* resultou em um tempo de execução aproximado de 3 segundos. De acordo com seu resultado, a instalação de 5 centros de vacinação na cidade de São José dos Campos necessita de um orçamento na faixa de R\$ 124.046,00. A figura 5 ilustra a localização desses centros dentro do mapa territorial da cidade de São José dos Campos. Cada ícone azul corresponde ao local onde deverá ser instalado um respectivo centro de vacinação. Percebemos que assim como ocorreu na solução encontrada pelo método exato, o método heurístico também apresentou um distanciamento adequado entre os centros de vacinação, evitando aglomerações desnecessárias e grandes impactos na rotina de cada localidade.

Figura 4 – Localização dos 5 centros de vacinação no município de São José dos Campos, conforme resultado obtido pela aplicação da solução exata.



Fonte: Autor (2021).

Figura 5 – Localização dos 5 centros de vacinação no município de São José dos Campos, conforme resultado obtido pela aplicação da solução heurística.



Fonte: Autor (2021).

Resultado das Simulações Variando o Número de Centros e Municípios

Com o objetivo de se testar a aplicabilidade das soluções implementadas e também, visando comparar os tempos de execução e demais valores encontrados, foram realizadas outras simulações considerando um número variado de municípios e de possíveis centros de vacinação.

Para essa tarefa, utilizamos as informações de uma base de dados composta pelas coordenadas de localização de 5.570 municípios brasileiros, disponibilizada na plataforma Kaggle (2021). Após o carregamento das informações dessa base de dados, aplicamos as soluções dos métodos exato e heurístico, considerando um vetor com coordenadas de latitude e longitude de 100, 500, 1.000, 3.000 e 5.570 municípios respectivamente. Para cada um desses valores, realizamos teste considerando a possibilidade de alocação de 10, 20 ou 30 centros de vacinação. O resultado obtido pode ser visualizado na tabela 2.

Tabela 2 – Resultado da simulação utilizando os métodos exato e heurístico.

Número de municípios	Número mínimo de centros	Custo Exato	Custo Heurístico	Tempo Exato	Tempo Heurístico
100	10	R\$ 3.871.632,04	R\$ 5.094.870,00	0:00:00.466410	0:00:06.560986
	20	R\$ 2.356.228,78	R\$ 7.197.890,00	0:00:00.170604	0:00:10.846137
	30	R\$ 1.845.232,71	R\$ 12.950.520,00	0:00:00.442524	0:00:13.244763
500	10	R\$ 19.757.292,94	R\$ 26.108.820,00	0:00:01.549486	0:00:28.616526
	20	R\$ 11.695.104,35	R\$ 51.108.460,00	0:00:00.840787	0:00:42.370001
	30	R\$ 12.147.852,27	R\$ 74.374.330,00	0:00:00.875432	0:00:00.875432
1.000	10	R\$ 32.429.849,03	R\$ 45.281.250,00	0:00:00.635724	0:00:55.570289
	20	R\$ 26.424.468,49	R\$ 78.073.830,00	0:00:01.198040	0:01:20.137797
	30	R\$ 21.034.176,96	R\$ 129.336.060,00	0:00:02.309188	0:02:02.707325
3.000	10	R\$ 100.533.488,46	R\$ 126.058.130,00	0:00:01.863059	0:02:29.491517
	20	R\$ 69.167.179,31	R\$ 291.495.270,00	0:00:03.559134	0:03:59.678906
	30	R\$ 59.381.871,88	R\$ 446.357.610,00	0:00:08.685470	0:05:23.852414
5.570	10	R\$ 173.300.313,50	R\$ 212.934.740,00	0:00:03.425815	0:04:34.882714
	20	R\$ 130.824.702,50	R\$ 468.735.750,00	0:00:06.810772	0:07:32.125838
	30	R\$ 109.365.194,76	R\$ 763.838.440,00	0:00:09.729387	0:10:02.435474

Fonte: Autor (2021).

Pelas informações da tabela 2, é possível observar que conforme o número de municípios aumenta ocorrem variações nos custos relacionados à implantação dos centros de vacinação em todo o território brasileiro. A solução exata considerou a necessidade de um gasto orçamentário maior para se poder instalar um número menor de centros de vacinação. Considerando que, quanto menor for o número de centros disponíveis maior será a distância percorrida por toda a população, tais valores estão em conformidade com a realidade. Por outro lado, a solução heurística elevou os custos orçamentários, considerando não somente o aumento no número de municípios atendidos, mas também, o aumento no número de centros de vacinação que podem ser construídos. Em relação ao tempo de execução, a solução exata foi bem mais rápida, provavelmente devido ao modo como o solver Gurobi foi implementado pelos seus desenvolvedores.

CONCLUSÃO

Com base nas informações sobre as regiões da cidade de São José do Campos, foi possível a formulação de um modelo matemático para auxiliar na alocação das instalações referentes aos centros de vacinação. Além do desenvolvimento da solução exata, foi implementado uma alternativa para a resolução do problema por meio da utilização de um método heurístico. A localização dessas instalações deve atender alguns requisitos estruturais e financeiros, ao mesmo tempo em que consiga atender o maior número possível de pessoas, contribuindo assim, para a diminuição da proliferação da doença.

Pelos resultados obtidos, foi possível observar que o método exato apresenta custos de implementação bem inferiores àqueles retornados pelo método heurístico. Embora apresente o mesmo número de centros necessários para atender a demanda da população, os custos de implementação assim como o tempo de execução do cálculo foram bem maiores na solução heurística do que na solução exata.

Como sugestão para trabalhos futuros, indicamos uma completa formulação do problema, considerando uma melhor ênfase na seleção dos pontos de demanda, com a respectiva quantificação de valores bônus para os locais escolhidos, conforme consta na literatura relacionada ao MCLP. Além disso, é interessante que o algoritmo utilizado para o cálculo da solução heurística seja reformulado, com o objetivo de otimizar o tempo necessário para a sua execução bem como melhorar a qualidade das métricas calculadas. Por último, outras técnicas heurísticas também podem ser implementadas.

REFERÊNCIAS

- BBC News (2021). Coronavírus: OMS declara pandemia. Disponível em: <https://bbc.in/3yPeSWM> Acessado em 01 de julho de 2021
- Caunhye, A. M.; Nie, X.; Pokharelet, S. (2012) Optimization models in emergency logistics: A literature review. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46, 4-13.
- Cavdur, F.; Kose-Kucuk, M.; Sebatli, A. Allocation of temporary disaster-response facilities for relief-supplies distribution: a stochastic optimization approach for afterdisaster uncertainty. *Natural Hazards Review*, v. 22, n. 1, p. 05020013, 2021.
- Chen, Z.; Xia, S.; K-means clustering algorithm with improved initial center. In: 2009 Second International Workshop on Knowledge Discovery and Data Mining. IEEE, 2009. p. 790-792.
- Church, R.; ReVelle, C. The maximal covering location problem. In: SPRINGER. *Papers of the Regional Science Association*. [S.l.], 1974. v. 32, n. 1, p. 101-118.
- Dos Santos, R. P.; Müller, C. Problema de localização de máxima cobertura aplicado à localização de esquadrões de aeronaves de interceptação na região Amazônica. 2005.
- Feitosa, C.; Cabral, A. C. Localização de Postos para testagem de COVID-19. LII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa-PB, 2020.

- Feitoza, T. M. O.; Chaves, A. M.; Muniz, G. T. S.; da Cruz, M. C. C.; Junior, I. d. F. C. (2020). Comorbidades e covid-19. *Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia*, 8(3):711–723.
- Gurobi (2021). The Fastest Solver. Disponível em: <https://www.gurobi.com/> Acessado em: 01 de julho de 2021.
- JupyterLab (2021). Jupyter's Next-Generation Notebook Interface. Disponível em: <https://jupyter.org/> Acessado em: 01 de julho 2021.
- Kaggle (2021). Estados e Municípios. Disponível em: <https://bit.ly/36yLY13> Acessado em: 01 de julho 2021.
- Marianov, V.; Serra, D. Hierarchical location-allocation models for congested systems. *European Journal of Operational Research*, v. 135, n. 1, p. 195-208, 2001.
- Ministério da Saúde (2021). Vacinômetro. Disponível em: <https://bit.ly/3yTYfJG> Acessado em: 01 de julho 2021
- Our World in Data (2021). Coronavirus Pandemic. Disponível em: <https://bit.ly/3yN8lM8> Acessado em 01 de julho de 2021
- Paules, C. I., Marston, H. D., and Fauci, A. S. (2020). Coronavirus infections: more than just the common cold. *Jama*, 323(8):707–708.
- Pichiliani, M., (2021). Visualizando Algoritmos. Disponível em: <https://bit.ly/3wEhi9k> Acessado em: 01 de julho de 2021.
- Shaffer, C. (2020). O Sistema de Classificação de Baltimore. Disponível em: <https://bit.ly/3aQXllk>. Acessado em 01 de julho de 2021.
- Shepost, R. (2020). Coronavirus 2019 (covid-19). Disponível em: <https://bit.ly/2Ve2UnE>. Acessado em: 01 de julho de 2021.
- Veja Saúde (2021). Tudo sobre as vacinas contra a Covid-19 sendo aplicadas no Brasil. Disponível em: <https://bit.ly/3r8rjuf> Acessado em: 01 de julho 2021.
- World Healthy Organization (WHO) (2021). General's Opening Remarks at the Media Briefing on COVID-19. Disponível em: <https://bit.ly/3b0MgOE> Acessado em 01 de julho de 2021.

LEAN STARTUP: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Rodolfo Perigolo

Maria Tereza Arantes

Lucinéia de Oliveira Tavares Chiste

RESUMO

Iniciar um novo negócio é uma tarefa complexa. Nas *startups* - empresas que trabalham em cenários de grande incerteza - esse desafio se torna ainda maior. Nesse sentido, se faz necessária a adoção de métodos e princípios que possam facilitar a jornada de inovação, tais como os propostos na filosofia *Lean Startup*. O *Lean Startup*, proposto no livro "*The Lean Startup*" de Eric Ries, é um exemplo de processo que contribui para o empreendedorismo e a inovação. O *Lean Startup* (LS) já foi escolhido por vários empreendedores, pois permite a integração e a análise de vários fatores como modelo de negócios, aprendizagem validada / desenvolvimento de clientes, produto mínimo viável, perseverança vs. Dinamização e navegação por oportunidades de mercado. Assim, o objetivo desta pesquisa é mapear as contribuições existentes na literatura sobre o processo de *Lean Startup*. Para tanto, foi realizada Revisão Sistemática de Literatura (RSL) na base de dados *Scopus* onde foram identificados e analisados os principais artigos sobre o tema publicados nos anos de 2018, 2019 e 2020. Dentre os principais resultados obtidos foram a síntese dos estudos e as observações dos temas mais desenvolvidos nessa temática.

Palavras-chave: *modelo de negócios, lean startup, revisão sistemática de literatura.*

INTRODUÇÃO

As *startups* vêm modificando o mercado através da criação de novos produtos, serviços ou modelos de negócios. Aliado a isso, a dinâmica de mudanças contínua na criação de novos mercados dificulta o processo de consolidação de uma nova empresa.

Quando se trata de *startup*, que são empresas desenvolvedoras de inovações, se faz necessário estabelecer uma organização empresarial, para criar soluções em condição de extrema incerteza. Por essa razão é que diversas metodologias de negócios são desenvolvidas, no intuito de colaborar com as organizações. O presente artigo coloca a perspectiva do modelo metodológico proposto por Ries (2012), chamado de *Lean Startup* (LS).

Assim para, Acs, Amorós (2008) e Ries (2012) *Startup* consiste no processo de criação de um novo

negócio, que desenvolve produtos e serviços sob condições de extrema incerteza.

O *Lean*, por sua vez, é uma filosofia de gestão que busca a redução de desperdícios, aumentando a produtividade por meio do controle do transporte, tempo de espera, excesso de processamento, superprodução entre outros (LIKER E HOSEUS, 2009).

Com isso, o LS se posiciona como um método auxiliar no processo de criação de empresas e produtos de forma enxuta, permitindo agilidade na penetração de mercado (RIES, 2012). Esse resultado é possível, porque o LS auxilia na redução do desperdício de tempo e recursos gastos, para validar as necessidades dos clientes e melhorar a solução (MANSOORI, ANSOORI E LACKÉUS, 2020).

O LS é um método de apoio à atividade empreendedora e se fundamenta em 5 pilares: empreendedores estão por toda parte, empreender é administrar, aprendizado validado (gestão do conhecimento), ciclo de aprendizado (construir, medir e aprender) e por último contabilidade para inovação (RIES, 2012). É por eles que o autor desenvolve o método tendo como principal ferramenta a utilização do mínimo produto viável. É por ela que se obtém conhecimentos de mercado, aproximando os clientes dos protótipos para entender suas queixas, vontades e disposições com relação a solução desenvolvida.

Dada a importância da filosofia do LS, esta pesquisa busca entender melhor o método, através da observação da literatura. Com isso é identificado quais estudos foram conduzidos sobre o assunto e o que dizem do método. Para tanto, uma revisão sistemática da literatura foi realizada na base de dados Scopus, no intuito de identificar os trabalhos desenvolvidos sobre o tema entre os anos de 2018 a 2020.

Este trabalho foi estruturado em quatro seções, incluindo a presente introdução. Na seção 2 são expostos os métodos deste estudo. Na seção 3 é realizada a análise de dados, em que é apresentado a análise descritiva e a análise de conteúdo dos artigos, nessa segunda análise foi feito um pequeno resumo dos assuntos abordados nos estudos. E a última seção apresenta a conclusão da revisão.

METODOLOGIA

O método utilizado para atingir os objetivos desta pesquisa é a Revisão Sistemática de Literatura (RSL). Esse procedimento foi selecionado para identificar quais são as contribuições publicadas, entre 2018 a 2020, na literatura.

O presente artigo realizou a pesquisa, na base de dados SCOPUS, que foi selecionada devido a sua notoriedade no meio acadêmico e número de *journals* e estudos publicados. Como pesquisa inicial foram utilizados os termos, *Lean* e *Startup*, na plataforma de busca. Determinou-se a procura desses dois termos nos títulos, resumos e palavras chaves.

Para viabilizar o estudo, foram realizados recortes, selecionando os documentos de acesso livre de 2018 a 2020, em formato de artigo. Dando continuidade aos recortes apenas as áreas de Gestão e Engenharia foram selecionadas. Na tabela 1 são apresentadas as etapas de busca na base SCOPUS em cada fase de realização da RSL desse artigo.

Tabela 1 – Etapas de busca na base SCOPUS

ETAPAS DE BUSCA NA BASE SCOPUS	
Etapa	Descrição
1	Atividade: Busca por palavras chaves na base SCOPUS, termos procurados “ <i>Lean Statup</i> ”, empregada em título, resumo e palavra-chave Resultado: Foram localizados 425 documentos.
2	Atividade: Aplicação de filtros de seleção com os seguintes critérios: - Documentos 2018 a 2020. - Documentos de acesso livre - Documentos no formato artigo - Documentos da área de gestão e engenharia Resultado: Foram localizados 22 documentos
3	Atividade: Critério de exclusão não foi aplicado, por não existir arquivos duplicados e todos eles estarem dentro das características necessárias para esse estudo. Resultado: Manteve os 22 documentos localizados.
4	Atividade: Leitura e interpretação dos dados apontados pelos artigos Resultado: Os 22 documentos foram estudados e suas análises são apresentadas nesse artigo

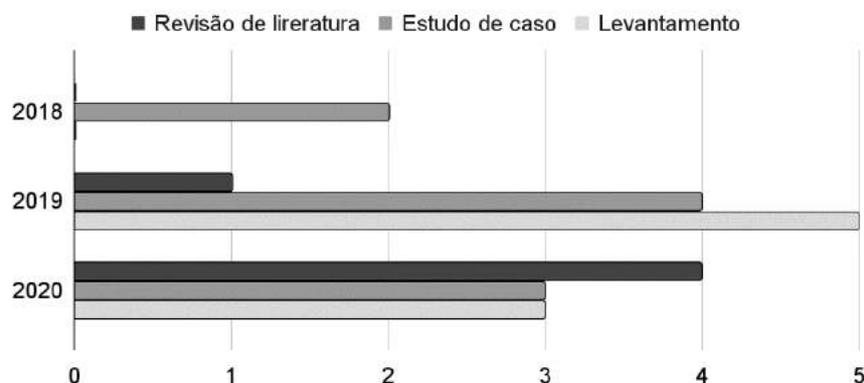
Fonte: Elaborada pelos autores

Diante da amostra selecionada o artigo apresenta na próxima seção, os resultados descritivos e análise de conteúdo, que demonstrará as áreas em que o método LS foi aplicado, além das contribuições e impacto que a metodologia gerou nos negócios estudados.

ANÁLISE DESCRITIVA

A pesquisa bibliográfica, deste estudo analisa 22 artigos sobre LS, e pela distribuição de publicações no decorrer do tempo, percebe-se que o tema é novo e crescente no meio acadêmico. O número de publicações em cada ano e a metodologia utilizada pode ser vista no gráfico a seguir.

Gráfico 1 – Distribuição dos artigos por tipo de pesquisa e ano



Fonte: Formulada pelos autores

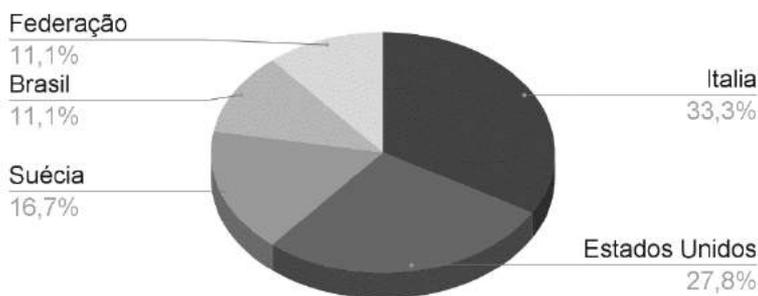
A metodologia dos estudos revisados auxilia na disseminação e evolução das práticas propostas no método do LS. É possível observar que desde o primeiro ano, já existia uma propensão dos autores para a realização de pesquisas que verificam a aplicação do LS. Esse dado fica evidente no primeiro

ano em que se teve somente estudos de caso e segue para o ano seguinte com expressiva realização de levantamentos (pesquisa do tipo *survey*).

As pesquisas realizadas por meio de estudo de caso e *survey* evidenciam a consolidação do LS no mercado, pois em ambos são analisadas as formas em que o LS é desenvolvido. No ano de 2020, houve uma queda de estudos de aplicação, em contrapartida tivemos o crescimento de revisões, provavelmente decorrentes das dificuldades causadas pela pandemia da COVID 19.

Quanto à distribuição Geográfica expressa no Gráfico 2, é possível observar um maior intento de países já desenvolvidos em pesquisar sobre o tema, o que corresponde a um investimento em inovação.

Gráfico 2 – Distribuição Geográfica dos artigos.



Fonte: Formulada pelos autores

Os Americanos demonstram um grande empenho em investigar formas de desenvolvimento de produtos e novos negócios, e a Itália possui grande participação de startups no seu mercado econômico (DEZI et al., 2018).

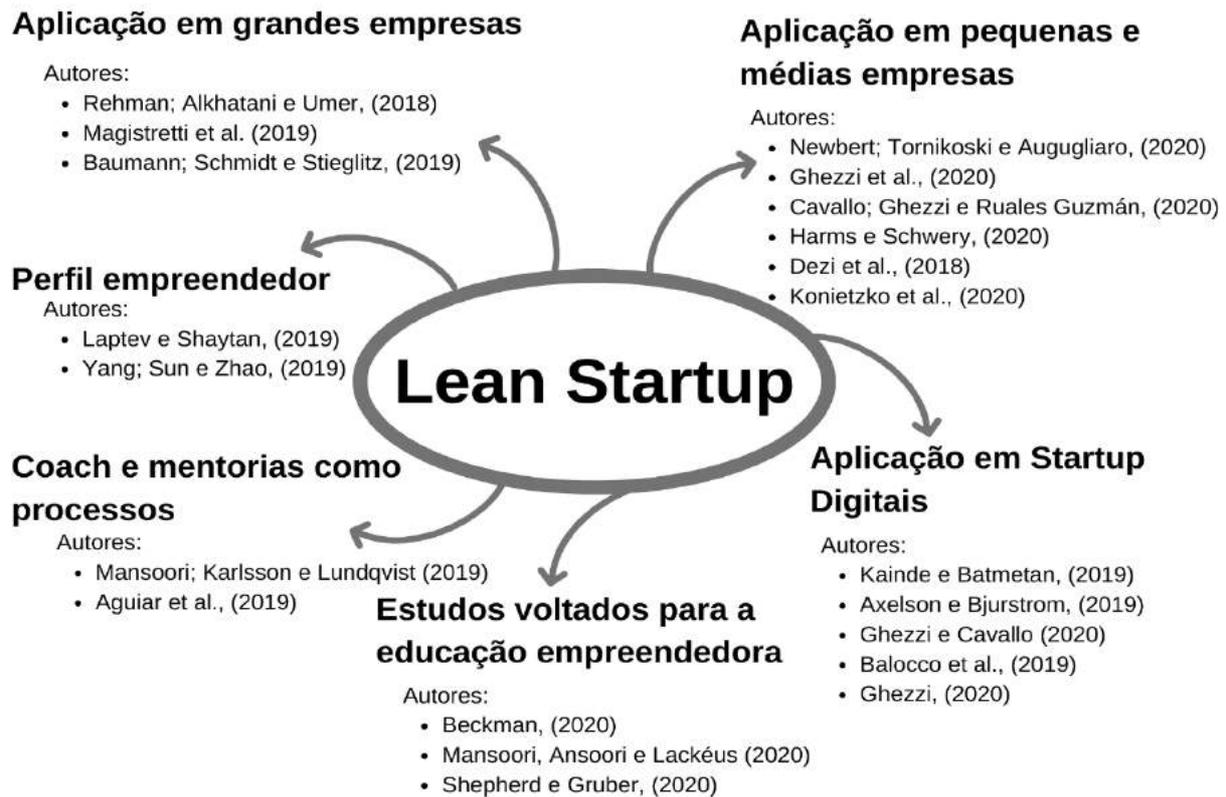
ANÁLISE DE CONTEÚDO

A seguir são apresentadas as apreciações realizadas sobre os artigos estudados. Eles são classificados e agrupados pela temática de estudo sobre LS, para demonstrar as convergências e as divergências entre os autores elencados pela pesquisa bibliográfica.

Divisão por tema

Após a leitura, as publicações foram classificadas, observando os objetivos e os resultados das pesquisas, realizando o agrupamento de acordo com o principal assunto abordado. A divisão por tema é apresentada no diagrama 2.

Diagrama 2 – Separação dos principais assuntos abordados nos estudos



Fonte: Formulada pelos autores.

A seguir são apresentadas as principais contribuições sobre os tópicos classificados, através das conclusões desenvolvidas pelos autores nas publicações revisadas.

Estudos voltados para a educação empreendedora

Dos Reis et al., (2019); Beckman, Mansori e Shepherd (2020), realizaram estudos com objetivo de compreender o método de forma didática para disseminação do conhecimento e avanço da metodologia do LS.

A pesquisa de Mansoori, Ansoori e Lackéus (2020) procura através da literatura enquadrar diversos métodos em nove dimensões conceituais, como forma de organizar e entender todos os métodos de negócios. Em contrapartida, a pesquisa de Beckman (2020) relaciona o método de pensamento visual - *Design thinking* com outras abordagens, sendo uma delas a LS.

Shepherd e Gruber (2020) retratam o método LS, descrevendo os seus cinco blocos de construção, os correlacionando com a literatura. Dos Reis et al. (2019) aprofundam o princípio do LS e salientam que empreendedores estão por toda parte, por meio de um estudo de caso em um projeto da Universidade de São Paulo, sobre o ensino de Inovação e Empreendedorismo, que obteve modificação do *mindset* dos estudantes quanto à opção pela carreira empreendedora.

Aplicação em pequenas e médias empresas

Os catedráticos Dezi et al., (2018); Carvallo, Ghezzi, Konietzko e Newbert (2020); estudam a aplicação do LS em pequenas e médias empresas, entendendo sua eficácia e os benefícios do método.

O estudo de caso realizado por Dezi et al., (2018) demonstra como uma cidade inteligente consegue,

por meio de políticas públicas, modificar o ecossistema empreendedor local. A pesquisa analisou como o LS e o método “*Job-to-be-done*” podem ser aplicados em conjunto para criar um ambiente de inovação aberta na cidade de Turin na Itália. Na mesma direção a pesquisa de Konietzko et al., (2020) aborda a relação do desenvolvimento de negócios de economia circular e a utilização do LS para melhorar o ecossistema empreendedor.

Em direção oposta Ghezzi et al., (2020) diferencia as pequenas e médias empresas de *startups* por não terem a mesma orientação para o crescimento nem o mesmo grau de inovação, por isso, devem se unir de forma colaborativa para desenvolvimento de tecnologia e negócios abertos, com o intuito de melhorar o desempenho.

A pesquisa de Newbert; Tornikoski e Augugliaro (2020) fazem o estudo de validação da hipótese de que a empatia, por meio de escuta da opinião do cliente, é a melhor estratégia para as PME's, durante a criação do produto.

Cavallo; Ghezzi e Ruales Guzmán (2020) observam como as empresas podem, através do LS e outros modelos ágeis de negócios, implementarem um crescimento internacionalizado. E por fim, o estudo de Harms e Schwery (2020) visa elaborar uma forma de relacionar a operacionalização do LS e o desempenho das empresas, como forma de demonstrar se a metodologia realmente funciona para o desenvolvimento de novos empreendimentos.

Aplicação em Startups Digitais

Os artigos da RSL se complementam, pois, as pesquisas de Kainde e Batmetan (2019) comprovam a necessidade de um método de gestão fundamentada para as *startups* digitais. Nesse sentido Axelson e Bjurstrom (2019) contribuem ao observar a relatividade do tempo como fator de influência nas tomadas de decisões, colocando em teste a técnica de pivotação do LS, que é frequentemente utilizada pelas *startups*.

Assim Ghezzi e Cavallo (2020) observam os modelos de negócio de uma empresa digital em seu estudo de caso. Balocco et al. (2019) verifica e explica a importância da definição de um modelo de negócio, ao observar como três *startups* digitais executam seus processos. Posteriormente Ghezzi (2020) analisa como os empreendedores das três *startups* digitais utilizam a metodologia LS de forma sistemática para realizar seus modelos de negócio.

Dessa forma, as pesquisas de Balocco, Kainde e Axelson (2019), Ghezzi e Cavallo (2020) se direcionam para aplicação do método do LS como modelo de gestão para *startups* digitais, que necessitam de um método de gestão específico por atuarem em mercados complexos e de extrema incerteza.

Perfil empreendedor

Os pesquisadores preocupam-se com os princípios do LS, como a importância do perfil empreendedor para aplicação do método, Laptev e Yang (2019) direcionam as suas pesquisas para a ótica comportamental do perfil empreendedor.

Nesse sentido Laptev e Shaytan (2019) ressaltam através de seus estudos que a metodologia LS contribui para desenvolver competências empreendedoras na equipe. Yang; Sun e Zhao (2019) elaboram a relação entre a cognição empreendedora e os comportamentos de pesquisa e criação, além de considerar o processo de execução como um comportamento cognitivo empresarial.

Diante do número de estudos, percebe-se que a importância do tema não reflete no número de pesquisas, necessitando da contribuição de mais estudos que ajudem a mapear o perfil do

empreendedor ao aplicar o método LS.

Coach e mentorias como processos

Os estudos de Aguiar e Mansoori (2019) estimulam a adoção de métodos e estratégias já existentes como *Coach* e mentorias, para aplicação conjunta com LS, estimulando a difusão do método, ao aderir técnicas de direção de pessoas.

Desta forma foi verificado por Mansoori; Karlsson e Lundqvist (2019) como as técnicas de *coachs* podem potencializar o aprendizado do perfil empreendedor. De Aguiar et al. (2019) diferenciam a experiência de ensino do mentor e do *coach*, indicando o relacionamento do mentor como um recurso organizacional carente de experiência na área de atuação do mentorado, o que não é regra na relação com o *coach*.

Aplicação em grandes empresas

Rehman (2018), Magistretti, Baumann (2019) estudam a aplicabilidade do LS para solucionar problemas em departamento de desenvolvimento de grandes empresas.

Desta forma, para acompanhar a gestão do desenvolvimento do produto Rehman; Alkhatani e Umer, (2018) apontam como método os indicadores de desempenho, que podem ser utilizados para avaliar o quanto a instituição é enxuta de acordo com método do LS.

Para ilustrar o processo de solução de problemas, a RSL obteve dois estudos de caso, no qual Magistretti et al. (2019) verificam a utilização do LS dentro de grandes empresas. E Baumann; Schmidt e Stieglitz, (2019) relata o estudo de uma solução desenvolvida que utiliza a modelagem de paisagens acidentadas para a resolução de problemas.

Divisão por visão positiva ou negativa do método LS.

Após a verificação e entendimento dos artigos coletados na RSL, os estudos foram classificados com base na narrativa e conclusão das pesquisas, em que foi identificado a posição favorável ou crítica ao método LS. A separação dos autores com base na visão positiva ou negativa pode ser vista a seguir.

Tabela 2 – Artigos com visão positiva e negativa do método.

Artigos que se colocam positivamente em relação ao LS	Artigos que criticam a metodologia LS
(KONIETZKO et al., 2020) GHEZZI, (2020) HARMS; SCHWERY, (2020) MAGISTRETTI et al., (2019) BALOCCO et al., (2019) LAPTEV; SHAYTAN, (2019) KAINDE; BATMETAN, (2019) DOS REIS et al., (2019) CAVALLO; GHEZZI; RUALES GUZMÁN, (2020) GHEZZI et al., (2020) SHEPHERD; GRUBER, (2020) BAUMANN; SCHMIDT; STIEGLITZ, (2019) DE AGUIAR et al., (2019) YANG; SUN; ZHAO, (2019) MANSOORI; KARLSSON; LUNDQVIST, (2019)	NEWBERT; TORNIKOSKI; AUGUGLIARO, (2020) MANSOORI; LACKÉUS, (2020) GHEZZI; CAVALLO,(2020) BECKMAN, (2020) AXELSON; BJURSTRÖM,(2019)

Fonte: Formulada pelos autores

O artigo de Laptev e Shaytan, (2019) é um exemplo de crítica ao modelo. Nele os autores argumentam que incluir o cliente durante o desenvolvimento do produto ajuda a gerar vendas iniciais, mas também aumenta o tempo necessário para desenvolver o produto final, além de aumentar os custos. As críticas realizadas ao método LS são diversificadas, sendo assim Mansoori e Lackeus (2020) apontam falhas no processo de colaboração de equipe e sensibilidade contextual. Isso é reforçado por Ghezzi e Cavallo (2020), que indicam dois problemas, como a proliferação de diversas práticas e a falta de suporte teórico, o que acaba desenvolvendo um ambiente ambíguo para as *startups*, impedindo a sensibilização.

O método LS para Beckman (2020), possui aplicação leviana, pois na visão do seu estudo existe um método adequado para cada ocasião, assim o LS nem sempre será esse método. Já Axelson e Bjurstrom (2019) observam o papel do tempo no desenvolvimento das *startups*, pois a demanda pode demorar a se desenvolver, mas as competências organizacionais, experiências em parcerias e relacionamentos com clientes devem ser desenvolvidas para que possa testar a hipótese.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as análises dos artigos dessa RSL, sobre o método LS, é possível afirmar que mesmo sendo adotado por diversas *startups*, o objeto de estudo ainda se encontra em processo de disseminação e necessita ser testado em outros cenários e contextos, para que todas as suas potencialidades de aplicação possam ser esclarecidas e entendidas.

Esse estudo de revisão compreende os motivos da adoção dos autores pela metodologia de estudo de caso, pois esse método de pesquisa permite entender as nuances de cada cenário, e as particularidades de problemas ou soluções de cada indústria.

O método LS contribui agilizando o processo e economizando recursos, por meio da redução do desperdício de recursos na etapa de criação de novos produtos, isso permite maior competitividade em relação a empresas tradicionais, por conseguir criar produtos em menor tempo.

Com isso, o método vem sendo aplicado em ecossistemas de apoio a *startup*, onde os processos são mais fáceis de serem implementados por questões culturais da equipe. Esse aspecto é evidenciado pelo número de pesquisas com foco no desenvolvimento de produtos em grandes empresas, que não possui agilidade devido à burocratização. O método foi aceito por *startups* digitais na área de desenvolvimento de *software*, isso é evidenciado pelo número de estudos.

A análise da literatura de LS contribui deixando evidente as pesquisas e as lacunas a serem trabalhadas nos próximos estudos, como adoção de metodologia de estudo ação e melhor definição do método. Essa revisão percebeu que o método LS contribui com as *startups*, sendo um modelo de gestão para seus negócios, que possuem características específicas por desenvolverem inovações. Entretanto o método LS exige análise mais aprofundada e observação dos fatos, para aplicações em grandes empresas que necessitam da desburocratização para permitir a implementação do método.

REFERÊNCIAS

- ACS, Zoltan J.; AMORÓS, José Ernesto. Entrepreneurship and competitiveness dynamics in Latin America. *Small Business Economics*, v. 31, n. 3, p. 305-322, 2008.
- AXELSON, M; BJURSTRÖM, E. The Role of Timing in the Business Model Evolution of Spinoffs: The Case of C3 Technologies. *Research*

Technology Management, v. 62, n. 4, p. 19–26, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85068081471&doi=10.1080%2F08956308.2019.1613116&partnerID=40&md5=cbcb7850d8b9fea6abe46e0f98043b22>>.

BALOCCHO, R; CAVALLO, A; GHEZZI, A; et al. Lean business models change process in digital entrepreneurship. *Business Process Management Journal*, v. 25, n. 7, p. 1520–1542, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85061325526&doi=10.1108%2FBPMJ-07-2018-0194&partnerID=40&md5=05f9ea6b96893d996ba63337614eadaf>>.

BAUMANN, O; SCHMIDT, J; STIEGLITZ, N. Effective Search in Rugged Performance Landscapes: A Review and Outlook. *Journal of Management*, v. 45, n. 1, p. 285–318, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85058663673&doi=10.1177%2F0149206318808594&partnerID=40&md5=6aa10560eb02fc326a78cfd0df15ab35>>.

BECKMAN, S L. To Frame or Reframe: Where Might Design Thinking Research Go Next? *California Management Review*, v. 62, n. 2, p. 144–162, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85081202680&doi=10.1177%2F0008125620906620&partnerID=40&md5=097b505451e442f7a86749824bbd1b10>>.

BENNETT, V M; HALL, T A. Software availability and entry. *Strategic Management Journal*, v. 41, n. 5, p. 950–962, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85075279365&doi=10.1002%2Fsmj.3105&partnerID=40&md5=41d1e247f9da4122ad95a1e5ba23075f>>.

BICEN, Pelin; JOHNSON, William HA. Radical innovation with limited resources in high-turbulent markets: The role of lean innovation capability. *Creativity and Innovation Management*, v. 24, n. 2, p. 278–299, 2015.

BLANK, S., DORF, B. (2012). *The startup owner's manual: The step-by-step guide for building a great company*. K&S Ranch.

BAKKER, R. M., SHEPHERD, D. A. (2017). Pull the plug or take the plunge: Multiple opportunities and the speed of venturing decisions in the Australian mining industry. *Academy of Management Journal*, 60(1), 130–155. doi:10.5465/amj.2013.1165

BROWN, T. (2020). Design thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84.

CAVALLO, A; GHEZZI, A; RUALES GUZMÁN, B V. Driving internationalization through business model innovation: Evidences from an AgTech company. *Multinational Business Review*, v. 28, n. 2, p. 201–220, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071141375&doi=10.1108%2FMBR-11-2018-0087&partnerID=40&md5=b7e2cc382d548cda3d879d0a767314c5>>.

DE AGUIAR, R B; SILVA, D S; TEN CATEN, C S; et al. Lean mentorship: Fitting external support to entrepreneur needs over the startup development. *Production*, v. 29, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85077548940&doi=10.1590%2F0103-6513.20190078&partnerID=40&md5=959ca622ceb2dbe13c588d6d4fd4062>>.

DEZI, L; PISANO, P; PIRONTI, M; et al. Unpacking open innovation neighborhoods: le milieu of the lean smart city. *Management Decision*, v. 56, n. 6, p. 1247–1270, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85043452501&doi=10.1108%2FMMD-04-2017-0407&partnerID=40&md5=467534ec7591562f9e45bdc31d689d0>>.

DOS REIS, D A; FLEURY, A L; BENTO, T; et al. Application of new agile approaches at University of São Paulo innovation agency's entrepreneurship and innovation course. *Gestao e Producao*, v. 26, n. 4, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85072794995&doi=10.1590%2F0104-530X4122-19&partnerID=40&md5=2ec8d81046517fc882d01700b6189f2f>>.

DYBA, T. ; DINGSOYR, T. (2008). Estudos empíricos de desenvolvimento ágil de software: Uma revisão sistemática In: *Information and Software Technology*, 50 (9), 833–859.

FELIZARDO, K. R. et al. *Revisão sistemática da literatura em engenharia de software: teoria e prática*. 1. ed. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. 125 páginas. 2021.

GHEZZI, A. Digital startups and the adoption and implementation of Lean Startup Approaches: Effectuation, Bricolage and Opportunity Creation in practice. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 146, p. 945–960, 2019.

GHEZZI, A. How Entrepreneurs make sense of Lean Startup Approaches: Business Models as cognitive lenses to generate fast and frugal Heuristics. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 161, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85091120257&doi=10.1016%2Fj.techfore.2020.120324&partnerID=40&md5=54838f5d5c50fd7ee781af72b889c41f>>.

GHEZZI, A; CAVALLO, A. Agile Business Model Innovation in Digital Entrepreneurship: Lean Startup Approaches. *Journal of Business Research*, v. 110, p. 519–537, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85048895166&doi=10.1016%2Fj.jbusres.2018.06.013&partnerID=40&md5=543ee27f0557aaa157ff5fc635f8efeb>>.

GHEZZI, A; CAVALLO, A; SANASI, S; et al. Opening up to startup collaborations: open business models and value co-creation in SMEs. *Competitiveness Review*, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85097204297&doi=10.1108%2FCR-04-2020-0057&partnerID=40&md5=29c80e37af2836dc6715d4bb5137b6a8>>.

HARMS, R; SCHWERY, M. Lean Startup: Operationalizing Lean Startup Capability and testing its performance implications. *Journal of Small Business Management*, v. 58, n. 1, p. 200–223, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85082529980&doi=10.1080%2F00472778.2019.1659677&partnerID=40&md5=ef9b4f8eb17486a529ea33f92b65df4e>>.

KAINDE, Q C; BATMETAN, J R. Digital business model for digital startup in industrial era 4.0. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, v. 8, n. 1.5 Special Issue, p. 177–181, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85075626187&doi=10.30534%2Fijatcse%2F2019%2F3481.52019&partnerID=40&md5=1012dfbe21c8147c93739202e89b5ab6>>.

KONIETZKO, J.; BALDASSARRE, B.; BROWN, P.; et al. Circular business model experimentation: Demystifying assumptions. *Journal of Cleaner Production*, v. 277, 2020.

LAPTEV, G D; SHAYTAN, D K. Product management: Managing product development in the era of digital transformation [Продукт-менеджмент: управление созданием продуктов в эпоху цифровой трансформации]. *Management Science*, v. 8, n. 4, p. 67–76, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85102979022&doi=10.26794%2F2304-022X-2018-8-4-67-76&partnerID=40&md5=afb6420d2b4538762ddd44c43f2797f>>.

LIKER, Jeffrey K. *Hoseus M. a alma do modelo Toyota*. 2009.

MAGISTRETTI, S; TRABUCCHI, D; DELL'ERA, C; et al. A New Path Toward a Hybrid Model: Insights from PwC's Italian Experience Centre. *Research Technology Management*, v. 62, n. 5, p. 30–37, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071991409&doi=10.1080%2F08956308.2019.1638223&partnerID=40&md5=7570034c332ea80ac47e01e1c5e46ce0>>.

MANSOORI, Y; KARLSSON, T; LUNDQVIST, M. The influence of the lean startup methodology on entrepreneur-coach relationships in the context of a startup accelerator. *Technovation*, v. 84–85, p. 37–47, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85062702266&doi=10.1016%2Fj.technovation.2019.03.001&partnerID=40&md5=29e6c6b0570d96b463df4e5bb5792542>.

MANSOORI, Y; LACKÉUS, M. Comparing effectuation to discovery-driven planning, prescriptive entrepreneurship, business planning, lean startup, and design thinking. *Small Business Economics*, v. 54, n. 3, p. 791–818, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85062001344&doi=10.1007%2Fs11187-019-00153-w&partnerID=40&md5=16a0c09d37bc6a4a38cad4d7b907867d>>.

Moher, D.; Liberati, A.; Tetzlaff, J.; Altman, D.G. The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. Disponível em: www.prisma-statement.org. Traduzido por: Taís Freire Galvão e Thais de Souza Andrade Pansani; retro-traduzido por: David Harrad

MÜLLER, Roland M.; THORING, Katja. Design thinking vs. lean startup: A comparison of two user-driven innovation strategies. *Leading through design*, v. 151, p. 91-106, 2012.

NEWBERT, S L; TORNIKOSKI, E T; AUGUGLIARO, J. To get out of the building or not? That is the question: The benefits (and costs) of customer involvement during the startup process. *Journal of Business Venturing Insights*, v. 14, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85097101678&doi=10.1016%2Fj.jbvi.2020.e00209&partnerID=40&md5=ce6b85afc0d15069191abb2669344944>>.

PRISMA. Prisma. Disponível em: <<http://www.prisma-statement.org/Extensions/Protocols>>. Acesso em: 08 abril 2021.

REHMAN, A U; ALKHATANI, M; UMER, U. Multi criteria approach to measure leanness of a manufacturing organization. *IEEE Access*, v. 6, p. 20987–20994, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85045339551&doi=10.1109%2FACCESS.2018.2825344&partnerID=40&md5=ba7e4c6fcfbf54a0bd35213c748392d0c>>.

RIES, Eric, and Bartosz Salbut. "Metoda lean startup." (2012).

SAMPAIO, R. F; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Rev. bras. fisioter., São Carlos*, v. 11, n. 1, p. 83-89, jan./fev. 2007

SCHÜTZ, G. R.; SANT'ANA, A. S. S.; SANTOS, G. Política de periódicos nacionais em Educação Física para estudos de revisão sistemática. *Revista Brasileira de Cineantropometria do Desempenho Humano*, v. 13, n. n. 4, p. 313-319, 2011. Acesso em: 31 março 2021.

SHEPHERD, D A; GRUBER, M. The Lean Startup Framework: Closing the Academic–Practitioner Divide. *Entrepreneurship: Theory and Practice*, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0.085078320526&doi=10.1177%2F1042258719899415&partnerID=40&md5=2d495e9a3f40c3a652cf359d48568a57>>.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. Beyond Toyota: how to root out waste and pursue perfection. *Harvard business review*, v. 74, n. 5, p. 140-172, 1996.

YANG, X.; SUN, S.L.; ZHAO, X. Search and execution: examining the entrepreneurial cognitions behind the lean startup model. *Small Business Economics*, v. 52, n. 3, p. 667–679, 2019.

BIOGRAFIAS

Adrielly Borges Avelar

Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR).

Alex Geovani de Souza

Graduando em Engenharia Mecânica no Centro Universitário UNA (conclusão prevista para 2022). Projetista de Moldes Plástico (2009), Ferramentaria (2008), Técnico em Mecânica Industrial (2006-2007).

Carlos Otávio Dias

Estudante de graduação em Engenharia mecânica UNA Pouso Alegre.

Ereston Chagas Lopes

Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Pós-graduando em Docência e Gestão do Ensino Superior pela UNIFACIMED.

Graziela Luiz Franco Martinez

Graduação em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Vicosa-VFV. Mestra em Teoria Econômica pela Universidade Estadual de Maringá. Doutoranda no Programa Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária pela Universidade Católica Dom Bosco-UCDB. Docente no departamento de Engenharia de Produção na Universidade Federal de Rondônia, com pesquisa nas áreas de inovação e Sustentabilidade Ambiental.

Lucinéia de Oliveira Tavares Chiste

Bacharela em Administração pela Universidade Federal de Ouro (UFOP), mestranda em Engenharia de Produção também pela UFOP. Experiência profissional em gestão de negócios e projetos, por meio do vínculo empregatício no setor privado, nas áreas de mineração e prestação de serviços.

Lyncoln Almeida Rezende

Graduando em Engenharia Mecânica no Centro Universitário UNA (conclusão prevista para 2022). Desenho 3D avançado.

Marcelo Pereira Martins

Graduando em Engenharia Mecânica no Centro Universitário UNA (conclusão prevista para 2022). Solidworks avançado.

Maria Tereza Arantes

Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP (2012). Atualmente cursando o mestrado também pela Universidade Federal de Ouro Preto, pesquisando sobre a economia criativa e sua influência na economia local em cidades do interior de Minas Gerais. Experiência em trabalhos na área de PCP e empreendedorismo.

Matheus Costa Pereira

Graduando em Engenharia Mecânica no Centro Universitário UNA (conclusão prevista para 2022). Graduando em Matemática na Universidade Cesumar (conclusão prevista para 2022). Intercâmbio em Engenharia Empresarial e de

Sistemas na Universidad Científica del Sur, Peru (2021). Intercâmbio em Engenharia Civil Industrial na Universidad Finis Terrae (2020). Atualmente trabalha na área de Engenharia de Desenvolvimento.

Matheus de Freitas Araújo Teixeira

Graduando em Engenharia Mecânica no Centro Universitário UNA (conclusão prevista para 2022). Técnico em Administração (2015).

Paulo Giovanni de Faria Zeferino

Graduação em Computação Científica pela Universidade de Taubaté (2009). Pós-graduado em Gestão Pública pela Universidade Católica Dom Bosco (2013). Mestre em Computação Aplicada pelo Instituto Nacional de Ciências Espaciais (2017). Doutorando em Pesquisa Operacional pelo ITA/UNIFESP (2024). Sua principal linha de pesquisa é voltada para a área de Ciência de Dados. Atualmente é professor pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de São Paulo.

Paulo Sérgio Ferreira

Graduando em Engenharia Mecânica no Centro Universitário UNA (conclusão prevista para 2022). Técnico em Eletrônica pela CEF Brasópolis (2015).

Pedro José Papandréa

Pós-Doutorado PDJ CNPq. Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Itajubá e Universidade do Tennessee (The University of Tennessee, Knoxville), EUA na modalidade PDSE CAPES (2018). Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Itajubá (2013). Pós-graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Itajubá em Qualidade e Produtividade (2011). Bacharelado em Administração de Empresas pela Faculdade de Administração e Informática de Santa Rita do Sapucaí (2005). Bacharelado em Ciências Contábeis pela Universidade Cidade de São Paulo (SP). Graduação em nível Licenciatura em Matemática pela Universidade de Franca (SP). Pós Graduando em Direito Tributário (PUC-MG), Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade Cidade de São Paulo. Professor do Instituto de Ciências Sociais Aplicadas ICSA da Universidade Federal de Alfenas, campus Varginha.

Rafael de Souza Pereira

Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (2014). Pós graduado em Engenharia da Qualidade pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (2017). Mestre em Engenharia de Produção pela Federal Fluminense (2019). Doutorando em Pesquisa Operacional pelo ITA/UNIFESP (2023). Sua principal linha de pesquisa é voltada para melhoria de processos industriais.

Rodolfo Perigolo Menezes

Bacharel em Administração de Empresas pelo Centro Universitário UNA (2014). Especialista em Educação Profissional pelo SENAI CETIQT (2014). Especialista em Gestão de Projetos pela PUC Minas (2021). Mestrando em Engenharia de Produção pela UFOP (2021). Linha de pesquisa é empreendedorismo e inovação aplicado para a gestão de serviços na migração físico para o digital.

Tatiane Aparecida de Lazari

Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual do Mato Grosso (2008). Mestra em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Rondônia (2017). Doutoranda em Administração pela Universidade Nacional de Misiones, Argentina. Docente no departamento de Engenharia de Produção na Universidade Federal de Rondônia, com pesquisa nas áreas de inovação, qualidade e processos agroindustriais.

ORGANIZADOR (A)

Thaise Ribeiro Luz

Editora chefe da Editora Kreatik. Entusiasta da área de tecnologia, computação, design, marketing digital, inovação e empreendedorismo; possui graduação em Marketing pelo Centro Universitário Internacional (2017) e pós graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Cruzeiro do Sul (2020).



4.0

9 786599 395970