



Alexandro Cesar Carlin

**PROJETO DE UM DISPOSITIVO PARA TROCA DE BATERIAS EM
EMPILHADEIRAS RETRÁTEIS ELÉTRICAS**

Horizontina - RS

2016

ALEXANDRO CESAR CARLIN

**PROJETO DE UM DISPOSITIVO PARA TROCA DE BATERIAS EM
EMPILHADEIRAS RETRÁTEIS ELÉTRICAS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Me. Cristiano Rosa dos Santos

Horizontina - RS

2016

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“Projeto de um dispositivo para troca de baterias em empilhadeiras retráteis
elétricas”**

Elaborada por:

Alexandro Cesar Carlin

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: 21/11/2016
Pela Comissão Examinadora**

**Me. Cristiano Rosa dos Santos
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Me. Luis Carlos Wachholz
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Esp. Jackson Luis Bartz
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina
2016**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda minha família, mas em especial a minha esposa Karine Raquel Webler Carlin, que sempre esteve ao meu lado, me incentivando para que esse momento acontecesse.

AGRADECIMENTO

Agradeço aos meus professores e colegas de faculdade pelo aprendizado e companheirismo em todo este período em que estivemos juntos. Agradeço também, em especial, os professores e co-orientadores, Luis Carlos Wachholz e Charles Weschenfelder e ao meu orientador Cristiano Rosa dos Santos pelas orientações neste trabalho de conclusão de curso.

Agradeço minha família, demais amigos e em especial minha esposa, pelo apoio e compreensão quando tive que ficar ausente em alguns momentos devido a dedicação necessária para que este momento acontecesse com sucesso.

O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.

Albert Einstein.

RESUMO

Com a necessidade de aumentar a produtividade, bem como garantir a segurança nas operações, uma empresa localizada na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, decide por projetar um dispositivo automatizado para a troca de baterias de suas empilhadeiras retráteis, visando diminuir o tempo desta operação e também agregar mais segurança a esta atividade. A metodologia aplicada neste trabalho é de Bruno Munari, onde a mesma é dividida em doze fases: Problema; Definição do problema; Componentes do problema; Coleta de dados; Análise dos dados; Criatividade; Pesquisa de materiais e tecnologias; Experimentação; Modelo; Verificação; Desenho de construção; Solução. Porém, como nesta metodologia usada não há pontos de ergonomia e segurança, estará sendo analisando estes pontos dentro da fase de Modelo. Após o cumprimento das fases citadas, foi possível desenvolver o projeto virtual do dispositivo, que infelizmente por falta de recursos não pode ser fabricado, mas que a princípio atenderia as necessidades da empresa. Além disso, o trabalho possibilitou ainda mais o meu aprimoramento do conhecimento por parte acadêmica, pois este projeto aborda temas como automatização, ergonomia, logística e cálculos de elementos de máquina para dimensionamento de componentes.

Palavras-chave: Automatização. Bateria. Empilhadeira.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Paleteira	17
Figura 2. Empilhadeira elétrica.....	18
Figura 3. Empilhadeira a combustão.....	19
Figura 4. Empilhadeira portuária.....	19
Figura 5. Empilhadeira retrátil	20
Figura 6. Célula de carga com os fios ligados.....	23
Figura 7. Célula de carga.....	24
Figura 8. Modelo de dispositivo para troca de baterias.....	26
Figura 9. Display da célula de carga.....	33
Figura 10. Corrente de rolo.....	36
Figura 11. Engrenagens cônicas e fuso	36
Figura 12. Moto redutor de 0,5cv.....	43
Figura 13. Tensionador de corrente	45
Figura 14. Mancal para eixo	45
Figura 15. Rolete com rolamento.....	45
Figura 16. Chave fim de curso	46
Figura 17. Dispositivo proposto.....	47
Figura 18. Sistema e pino e fixação dos equipamentos.....	48
Figura 19. Braço para empurrar e puxar a bateria.....	48
Figura 20. Dispositivo com as partes móveis à mostra.....	49
Figura 21. Dispositivo com as partes móveis fechadas	49
Figura 22. Projeto completo.....	50
Figura 23. Altura e comprimento do dispositivo	50
Figura 24. Largura do dispositivo.....	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Movimentações de materiais	16
Quadro 2. Fases da metodologia de Bruno Munari (1983)	29
Quadro 3. Tabela para obtenção do modo de automatização.....	35
Quadro 4. Tabela de coeficiente de segurança - Fator de serviço.....	37
Quadro 5. Fator de operação	39
Quadro 6. Força de ruptura de correntes de rolos.....	41
Quadro 7. Engrenagens de 1"	42
Quadro 8. Simulação de tempo atual e proposto.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coeficiente de segurança - Corrente de rolos	39
Tabela 2. Detalhamento de valores do projeto.....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	13
1.2	JUSTIFICATIVA.....	14
1.3	OBJETIVO GERAL	14
1.4	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	LOGÍSTICA.....	15
2.1.1	Movimentação de materiais.....	15
2.2	EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO.....	16
2.2.1	Tipos de empilhadeiras.....	17
2.2.2	Empilhadeira elétrica retrátil	20
2.3	BATERIAS	21
2.3.1	Baterias para empilhadeiras.....	22
2.4	ERGONOMIA.....	22
2.4.1	Célula de carga	23
2.5	SEGURANÇA	24
2.5.1	Dispositivos de segurança	25
2.5.2	NR-10 Segurança em instalações e Serviços em eletricidade.	27
2.5.3	NR-11 Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais	27
2.5.4	NR-12 Máquinas e equipamentos	27
2.6	AUTOMATIZAÇÃO	28
3	METODOLOGIA.....	29
3.1	PROBLEMA	29
3.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	30
3.3	COMPONENTES DO PROBLEMA.....	30
3.4	COLETAS E ANÁLISE DE DADOS	30
3.5	CRIATIVIDADE	30
3.6	MATERIAIS E TECNOLOGIAS	31
3.7	EXPERIMENTAÇÃO	31
3.8	MODELO	31
3.9	VERIFICAÇÕES	31
3.10	DESENHO DE CONSTRUÇÃO.....	31
3.11	SOLUÇÃO	32
4	APRESENTAÇÃO E ANALISE DOS RESULTADOS	32
4.1	MEMORIAL DE CÁLCULOS	37
4.2	PRINCIPAIS COMPONENTES DO PROJETO	44
5	CONCLUSÃO.....	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

Atividades extras ao trabalho, ou seja, as paradas obrigatórias que são executadas diariamente, e até mesmo, em várias oportunidades durante a carga horária, acabam fazendo que o resultado final do trabalho seja prejudicado. A necessidade de troca de ferramentas em equipamentos, o abastecimento de veículos, o desabastecimento de maquinários de grãos, são exemplos similares do que acontece a troca de baterias em empilhadeiras, onde há uma diminuição da produtividade nas operações. Buscando minimizar estas perdas, cogitou-se o desenvolvimento de um projeto de dispositivo automatizado, que reduzirá o tempo para a troca de bateria, gerando assim um ganho mais significativo para as atividades logísticas da empresa, e conseqüentemente reduzindo também os esforços físicos dos colaboradores e a possibilidade de acidentes de trabalho.

Acidente de trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho (Art 1º. A Previdência Social. art. 19 da Lei nº 8.213/91).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Frequentemente a área de logística da empresa, se depara por problemas a serem solucionados. A troca de baterias das empilhadeiras retráteis elétricas está inclusa nestas dificuldades, pois como esta operação é realizada de forma manual, requerendo um grande esforço físico, pois as baterias em questão pesam mais de uma tonelada cada, conseqüentemente gerando uma possibilidade de acidente e sendo esta uma atividade que não agrega valor para a empresa, cria-se a necessidade de que a mesma seja realizada por pelo menos dois colaboradores. Como esta atividade já pode ser considerada pouco produtiva para o conceito geral das atribuições diárias, devemos ainda considerar este tempo, multiplicado por dois, gerando assim, uma perda ainda maior para a entrega final do departamento.

Com tudo isso relatado, cabe à pergunta a seguir:

O presente trabalho, com a metodologia adotada, encontrará uma solução para os problemas levantados?

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho de conclusão de curso, justifica-se pela necessidade de se criar um dispositivo automatizado que facilite a atividade dos colaboradores de uma empresa localizada na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, quanto a troca de baterias em empilhadeiras retráteis. Esta automatização visa criar um mecanismo que faça a retirada e a colocação da bateria na empilhadeira e no dispositivo de recarga da mesma, sem que haja esforços excessivos dos funcionários. E da mesma forma reduzir o tempo de operação para a realização desta atividade, gerando uma maior produtividade, pois eliminará a necessidade de a mesma ser feita por dois colaboradores.

1.3 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem por objetivo geral, desenvolver um projeto de dispositivo automatizado para a troca de baterias em empilhadeiras retráteis, com intuito de reduzir o tempo de operação para esta troca e também reduzir os esforços físicos dos colaboradores, garantindo conseqüentemente um aumento da produtividade e uma maior segurança à atividade.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Buscando atender o objetivo geral do trabalho, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- Realizar as medições de tempo e esforços requeridos na realização da troca atual da bateria;
- Encontrar a melhor solução que satisfaça os objetivos;
- Realizar os dimensionamentos dos componentes da solução proposta;
- Projetar a solução para melhor atender as expectativas;
- Apresentar estudo financeiro;
- Apresentar os benefícios do dispositivo;

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta etapa do TFC, realizado através de pesquisa bibliográfica, apresentam-se os principais conceitos relacionados ao trabalho. Dentre os temas abordados, destacam-se os conceitos quanto a logística, equipamentos de movimentação, bateria, ergonomia, segurança e automatização.

2.1 LOGÍSTICA

Para Godinho (2004) logística são todas as atividades de armazenagem e movimentação que auxiliam o fluxo de materiais e produtos desde a aquisição de matéria-prima, até o ponto de consumo. Mas também se refere aos fluxos de informações que colocam os produtos em movimento, com o intuito de realizar níveis de serviços satisfatórios. Para Campos (2007), a área de logística precisa estar preparada para atender novas demandas de forma rápida, para que com isso, não gere prejuízos as operações ou percam negócios no mercado.

Segundo Ballou (2006) o valor da logística tanto para fornecedores, quanto para clientes, está primeiramente ligado aos termos de tempo e local. Pois serviços e produtos não tem o mesmo valor a menos que estejam em poder do cliente no tempo necessário e no lugar correto. Para o mesmo autor, vale ressaltar também, à necessidade dos produtos ou serviços estarem em condições ideais e com os menores custos possíveis.

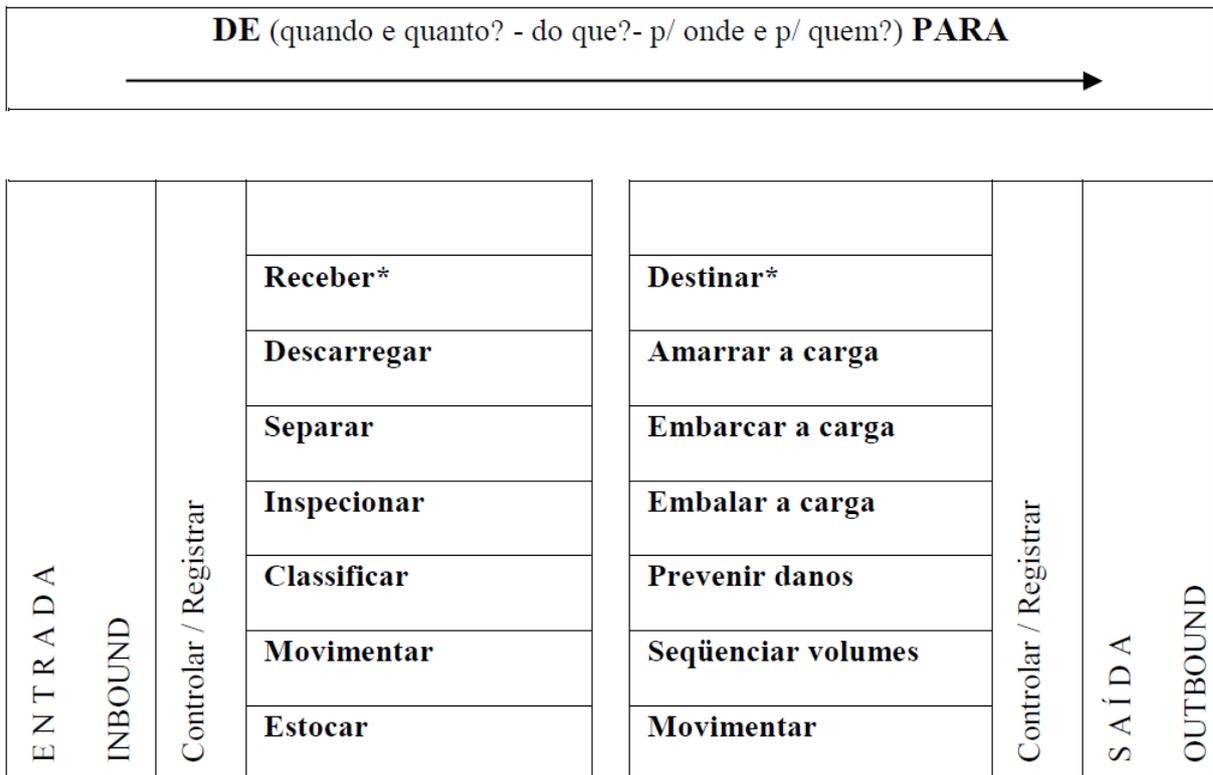
2.1.1 Movimentação de materiais

A movimentação de materiais é uma operação ou um conjunto de operações que realiza a alteração de posição das coisas para qualquer serviço ou processamento. Geralmente estas alterações são realizadas com o auxílio de equipamentos. Porém, quanto isso não ocorre, poderão ser exigidos esforços dos colaboradores da empresa, gerando assim uma queda nos rendimentos destes ao longo do dia (ABRANDES, 2004).

Para Paletta e Silva (2009), a movimentação de materiais tem por finalidade transportar o material ou produto nas linhas de produção, movimentar os materiais em processamentos, embalar e armazenar produtos levando em consideração o

tempo e espaço disponível. De modo geral, as movimentações internas de materiais de uma organização seguem o seguinte fluxo, também representado no quadro 1: Entrada. Descarga, separação, inspeção, classificação, movimentação e estocagem. Saída: Amarração, embarque da carga, prevenção de danos, sequenciamento de volumes e movimentação.

Quadro 1. Movimentações de materiais



Fonte: Paletta *et al*, 2009, p. 4.

2.2 EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO

Segundo Paletta e Silva (2009), os equipamentos de movimentação são equipamentos utilizados para movimentar o material em sentido vertical e horizontal, com cuidados suficientes para evitar danos durante o transporte. Sendo que estes equipamentos são divididos em equipamentos de elevação, veículos industriais e transportadores contínuos. Já para Abrantes (2004), os equipamentos são projetados a fim de que os mesmos sejam facilmente adequados aos operadores.

Ainda para Paletta e Silva (2009), quanto aos equipamentos de elevação e transporte, temos as pontes rolantes, eletroímãs, elevadores de carga, guindastes fixos, plataformas niveladoras de docas, manipuladores industriais, entre outros. Já

para veículos industriais, há os carrinhos hidráulicos e elétricos, carrinhos especiais, carrinhos com guincho, carretas industriais, empilhadeiras automotriz, elétricas, retrateis, pantográficas, pórticos e guindastes. E quando se refere a transportadores contínuos, constam as correias planas, correias côncavas, elevadores de caneta, transportadores extensíveis, recaimers, etc.

2.2.1 Tipos de empilhadeiras

Para Carvalho (2013) as empilhadeiras podem ser divididas em manuais, elétricas, a combustão e portuárias. Sendo que as mais utilizadas são as empilhadeiras elétricas e as a combustão.

Empilhadeiras Manuais: São equipamentos que trabalham basicamente ao nível ou em alguns casos, muito próximos ao solo e que necessitam basicamente de esforços manuais dos colaboradores para suas operações. Um exemplo de empilhadeira manual, é a paleteira, conforme figura 1.

Figura 1. Paleteira



Fonte: Carvalho, 2013, p. 26.

Empilhadeiras elétricas: Estas empilhadeiras são recomendadas para locais cobertos contra chuva, como galpões, almoxarifados, câmeras frigoríficas e depósitos em geral. Por se tratar de equipamentos alimentados por energia elétrica de baterias, são extremamente silenciosas. Estas empilhadeiras podem ser utilizadas para elevações mais altas, comparadas as empilhadeiras manuais. Porém em alguns casos, há também a recomendação, para que estas só executem atividades mais próximas ao chão.

Dentre estes tipos de empilhadeiras, podemos citar as empilhadeiras elétricas normais conforme figura 2 e as empilhadeiras elétricas retrateis.

Figura 2. Empilhadeira elétrica



Fonte: Carvalho, 2013, p. 26.

Empilhadeiras a combustão: Conforme figura 3, estes são equipamento que apresentam ótima capacidade de carga e geralmente são utilizadas em área aberta.

Porém, por serem alimentadas a diesel ou a gás, emitem muitos poluentes ao ambiente.

Figura 3. Empilhadeira a combustão



Fonte: Carvalho, 2013, p. 26.

Empilhadeiras portuárias: São equipamentos de grande porte, utilizados geralmente para a carga e descarga de navios em portos, movimentando containers e demais produtos com pesos elevadíssimos, conforme representado na figura 4.

Figura 4. Empilhadeira portuária



Fonte: <http://empilhadeiragua.com/tipos-de-empilhadeiras>

2.2.2 Empilhadeira elétrica retrátil

Para Abrantes (2004), as empilhadeiras são consideradas meios, dispositivos ou suportes para o operador possa executar determinadas atividades. Porém ela precisa atender uma série de recursos para que possa ser operada sem perturbações no sistema funcional do operador. O menor e maior grau de segurança e conforto que uma empilhadeira poderá oferecer vai depender de quanto a empresa quer gastar, mas é importantíssimo saber que a produtividade diminui à medida que os equipamentos se tornarem menos seguros e confortáveis para os operadores.

Conforme manual Palettrans (2006), a empilhadeira retrátil é um equipamento eletrônico que permite a movimentação e elevação de cargas em percursos, nivelados/planos e isentos de buracos. Devido ao maestro retrátil, este equipamento permite que os garfos sejam avançados além das rodas de carga, a fim de alcançar o objeto a ser transportado. Quanto aos comandos, os mesmos são facilmente acionados, pois estão bem visíveis e ergonomicamente bem localizados. Abaixo, apresenta-se uma empilhadeira retrátil com seus principais componentes:

Figura 5. Empilhadeira retrátil



Fonte: Manual Palettrans, p. 06.

1. Torre de elevação;
2. Garfos - São ajustáveis na distância entre si e apoiados no porta garfos;
3. Porta garfos – Suporta, inclina, centraliza e desloca os garfos para os lados;
4. Cabine de operação;
5. Bateria;
6. Rodas de carga;
7. Roda de tração;
8. Dispositivo de avanço e recuo da torre;
9. Proteção do operador;
10. Proteção de carga;
11. Sapata de apoio;
12. Parte traseira da empilhadeira;
13. Proteção da roda de carga;
14. Acesso ao operador para a cabine

2.3 BATERIAS

Para Bird (2009), baterias são dispositivos que transformam energia química em eletricidade. Se ligarmos em seus terminais um aparelho, a corrente gerada vai fornecer energia para que este equipamento funcione. De modo geral, as baterias são essenciais para muitos equipamentos eletrônicos, principalmente a aqueles onde não tem acesso a rede elétrica. Se não houvesse as baterias, não haveria telefones celulares ou computadores portáteis.

O mesmo autor, classifica as baterias em duas categorias: as comuns, que não são recarregáveis e após a sua descarga são descartadas. E as recarregáveis, que como a própria classificação diz, podem ser recarregadas.

Segundo Mirth (2013), o valor de capacidades das baterias é expresso em ampère-hora (Ah) e miliampère-hora (mAh). Onde a carga acumulada por uma bateria por ser descrita na forma de densidade de energia, definida em watt-hora por quilo de peso ou watt-hora por centímetro cúbico de volume.

2.3.1 Baterias para empilhadeiras

Segundo Vieira e Roux (2011), as capacidades das baterias, são definidas devido aos tipos de utilizações e as frequências que elas ocorrem. Sendo que para empilhadeiras de grande porte, as tensões das baterias variam de 24 a 80 v, dependendo do fabricante.

Também segundo aos mesmos autores, é importantíssimo os cuidados quanto as operacionalizações das baterias, geralmente de chumbo. Uma delas é quanto a vida útil da mesma, que é influenciada diretamente pela quantidade de cargas submetidas, sejam elas parciais ou completas. Realizar recargas em baterias sem que estas estejam totalmente descarregadas, são contraindicadas, pois isso ajuda e muito na redução de sua vida útil. A outra indicação é quanto a redução de sua capacidade, pois quanto mais a bateria é recarregada, mais ela perde capacidade. Sendo que estas perdas de capacidades são irreversíveis e progressivas. Por tanto, recomenda-se, que de tempos em tempos, haja uma descarga completa das baterias de acordo com os limites recomendados pelos fabricantes.

2.4 ERGONOMIA

Segundo Weerdmeester (2004), o termo ergonomia vem das palavras gregas *ergon* (trabalho) e *nomos* (regras). Em resumo, pode-se dizer que ergonomia é o estudo quanto ao projeto de máquinas, sistemas, equipamentos, com o intuito de melhorar a saúde, segurança, conforto e eficiência no trabalho. No cotidiano, a ergonomia foca no homem. Ou seja, todas as condições de risco, como insegurança, insalubridade, ineficiência e desconforto com relação ao homem, deverão ser eliminadas.

Ainda para o mesmo autor, ergonomia junta conhecimentos das mais diversas áreas científicas, bem como biomecânica, psicologia, engenharia mecânica, desenho industrial, eletrônica, informática, entre outros. Pois através desta junção, desenvolveu técnicas e métodos específicos para aplicar em prol da melhoria do trabalho e das condições de vida, tanto para os trabalhadores, quanto para a população em geral. O autor ainda comenta, baseado em estudos, que a capacidade de carga que um colaborador pode levantar durante uma atividade é de

23 Kg.

Ergonomia é o estudo do relacionamento entre o homem e o seu trabalho, equipamento e ambiente, e particularmente a aplicação dos conhecimentos da anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas surgidos desse relacionamento (ERGONOMICS RESEARCH SOCIETY APUD ABRANTES, 2004, p. 7).

Ergonomia é a disciplina científica que trata da compreensão das interações entre os seres humanos e os outros elementos de um sistema, e a aplicação de teorias, princípios, dados e métodos ao design a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global dos sistemas (ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL DE ERGONOMIA – SAN DIEGO, USA 2000 APUD ABRANTES, 2004, p. 7).

Ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho as características fisiológicas e psicológicas do ser humano (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA – ABERGO APUD ABRANTES, 2004, p. 7).

2.4.1 Célula de carga

Células de carga geralmente são usadas como transdutores de força, podendo também ser aplicadas em outras situações. Isso tudo, graças a sua grande diversidade de formas. O conceito básico de funcionamento normalmente é baseado na variação ôhmica sofrida em um sensor denominado extensômetro elétrico de resistência, quando este é submetido a deformações, demonstrando assim, a força submetida naquele instante. (BARBOSA *et al.* 2014).

Na maioria dos casos, as células de carga são fabricadas com os extensômetros elétricos de resistência ligadas entre si através de uma ponte de Wheastone equilibrada. Esta forma aumenta os sinais obtidos nas medições e deixa os resultados mais precisos (BARBOSA *et. al.* 2014).

Segue abaixo figuras (6 e 7) de células de carga.

Figura 6. Célula de carga com os fios ligados



Fonte: Barbosa *et al.*, 2014.

Figura 7. Célula de carga



2.5 SEGURANÇA

Segundo Mattos e Másculo (2011) a Segurança do trabalho é a ciência que trata na prevenção dos acidentes do trabalho decorrentes dos fatores de riscos ocupacionais. Nos locais de trabalho, devido aos diversos processos e tarefas, existem várias situações que colocam os colaboradores em risco, sendo que para cada uma delas é necessária uma análise para prevenção dos fatores de risco. Entre os fatores de risco que provocam acidentes de trabalho, citam-se:

Armazenamento e movimentações de materiais, manuseio de produtos perigosos, contato com agentes biológicos, incêndio, eletricidade, máquinas e equipamentos, entre outros.

O setor de segurança e saúde se tornou multidisciplinar e busca de forma incansável a prevenção de riscos ocupacionais. Sendo este grupo, composto pelo técnico de Segurança do trabalho, engenheiro de Segurança do Trabalho, médico do Trabalho e enfermeiro do Trabalho. Estes, por sua vez, atuam na neutralização ou eliminação dos riscos, prevenindo uma doença ou impedindo seu agravamento (MACEDO, 2012).

2.5.1 Dispositivos de segurança

Para (Senai-SP, 2014), dispositivos de segurança são os componentes, que interligados reduzem os riscos de acidentes e de outros problemas de saúde. Sendo que estes podem ser classificados em seis tipos diferentes. Os quais mostra-se abaixo:

- **Comandos elétricos ou interfaces de segurança:**

São dispositivos responsáveis pelos monitoramentos de outros dispositivos do sistema ligados a um determinado equipamento, a fim de evitar ou mostrar possíveis falhas que possam ocasionar a insegurança do mesmo;

- **Dispositivos de intertravamento:**

São chaves de segurança eletromecânicas, que impedem o funcionamento de elementos da máquina sob condições específicas;

- **Sensores de segurança:**

São dispositivos detectores de presença que atuam quando uma pessoa acessa a zona de perigo de um equipamento, enviando um sinal para interromper de imediato o funcionamento da mesma;

- **Válvulas e blocos de segurança ou sistemas pneumáticos e hidráulicos de mesma eficácia:**

Componentes conectados a um equipamento com o intuito de bloquear ou permitir, quando ativado, a passagem de fluido gasoso ou líquido, de modo a iniciar ou interromper as funções da máquina. Deve possuir monitoramento para que esta ação não tenha falhas, ocasionando perda da função de segurança;

- **Dispositivos de validação:**

São dispositivos suplementares de comando, operados de forma manual, que atuam habilitando ou bloqueando as operações do equipamento.

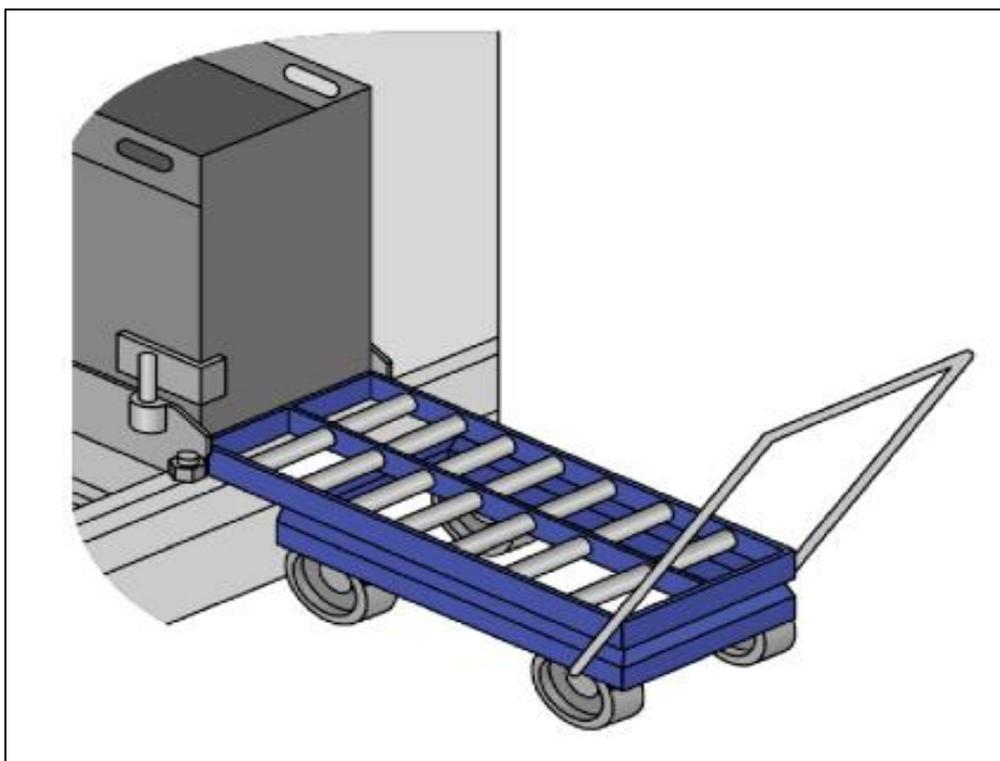
- **Dispositivos mecânicos:**

São dispositivos de retenção, separadores, limitadores, inibidores, retráteis, empurradores entre outros;

Para (Senai-SP, 2014), a tarefa de trocar a bateria de uma empilhadeira, consiste de procedimentos diferentes para cada empresa. Pois cada uma pode adotar dispositivos que melhor satisfaçam suas necessidades. Entre dos dispositivos mais utilizados, cita-se as pontes rolantes, carrinhos elétricos com dispositivos push pull (empurra e puxa), talhas, carrinhos manuais. Sendo que ainda, há necessidade de se realizar tarefas manuais a fim de evitar acidentes. Tarefas estas, citadas abaixo:

- Posicionar o carrinho alinhado na bateria e trava-lo;
- Soltar o pino de trava da bateria;
- Desconectar a tomada da bateria;
- Puxar a bateria para cima dos roletes do carrinho suporte;
- Travar o carrinho suporte;
- Levar a bateria ao setor de recarga.

Figura 8. Modelo de dispositivo para troca de baterias



2.5.2 NR-10 Segurança em instalações e Serviços em eletricidade.

Conforme Araújo (2007), a eletricidade é um agente de risco que gera vários acidentes, onde as vítimas não são somente os responsáveis por suas instalações, mas também por usuários finais que após estas instalações estarem concluídas podem ser submetidos por descargas elétricas devido ao não instalação da forma correta. Desta forma, qualquer tipo de instalação envolvendo eletricidade, deve ser feita por profissionais capacitados, utilizando ferramentas adequadas, atendendo as normas técnicas e regulamentadoras e também, seguindo atentamente os manuais dos fabricantes.

Conforme o mesmo autor e norma, todos os trabalhadores podem exercer o direito de recusa, ao se deparar a qualquer tarefa, que o mesmo constate evidências de risco graves e iminentes para sua saúde e segurança ou de outra pessoa, informando imediatamente o fato ao superior hierárquico.

2.5.3 NR-11 Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais

Conforme Chibinski, a NR-11 consiste em uma norma regulamentadora se pode ser percebida na maioria das atividades produtivas, pois em algum momento haverá algum tipo de movimentação, manuseio ou armazenagem de materiais.

A leitura completa da NR-11 é necessária, como devem ser observadas as condições ergonômicas, a análise das características do material a ser estocado, as intervenções com máquinas e equipamentos e as condições físicas do ambiente onde é movimentado e armazenado o material, como piso, iluminação e ventilação (CHIBINSKI, 2011, p.69).

Normas de segurança para operação de elevadores, guindastes, transportadores industriais e máquinas transportadoras;

Os equipamentos utilizados na movimentação de materiais, tais como ascensores, elevadores de carga, guindastes, monta-carga, pontes rolantes, talhas, empilhadeiras, guinchos, esteiras-rolantes, transportadores de diferentes tipos, serão calculados e construídos de maneira que ofereçam as necessárias garantias de resistência e segurança e conservados em perfeitas condições de trabalho;

Em todo o equipamento será indicado, em lugar visível, a carga máxima de trabalho permitida (Norma regulamentadora 11, Portaria MTPS n.º 505, de 29 de abril de 2016).

2.5.4 NR-12 Máquinas e equipamentos

Segundo Araujo (2007), esta norma define as medidas preventivas de segurança e higiene do trabalho a serem incluídas em instalações, manutenções e operações de máquinas e equipamentos. Sendo que geralmente as máquinas obsoletas são as que apresentam maiores riscos de ocasionar acidentes.

Outro ponto, também comentado pelo autor, é a proteção de deve existir nas partes moveis do equipamento, pois eles são pontos que aumentam a probabilidade de acidentes de trabalho. O equipamento que mais apresenta acidentes, são as prensas, onde geram amputações e esmagamentos de mãos e dedos resultando num total de 36% dos acidentes seguidos de amputações.

2.6 AUTOMATIZAÇÃO

Segundo Moraes e Castrucci (2007), automatização hoje, é qualquer sistema que substitua o trabalho humano em prol da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez e das reduções de custos das operações, aperfeiçoando assim os objetivos das indústrias e serviços. A automação envolve a implantação de sistemas assistidos e interligados por redes de comunicações, gerando interfases entre o homem e a máquina, que possam auxiliar as operações.

A escolha para automatizar algo, depende muitas vezes, de quanto o cliente está disposto a gastar. A automatização completa das tarefas seria a melhor alternativa, porem antes de se realizar este investimento, é necessária uma análise mais profunda, a fim de avaliar os custos-benefícios de toda a operação. Muitas vezes o custo elevado da automatização já inibe o investimento, porem as análises precisam ser feitas, pois o retorno pode ser a longo prazo e não somente no âmbito financeiro, mas também no ergonômico (SCHACH, 2010).

3 METODOLOGIA

Metodologia é o estudo de técnicas, ferramentas e claro, métodos que são aplicados para organizar e solucionar problemas práticos e teóricos. A utilização destes métodos facilita as atividades, pois apresentam de forma mais prática e sequencial, como identificar os problemas, desenvolver ideias e encontrar a melhor solução para o mesmo. Para este trabalho de conclusão de curso, será utilizado a metodologia de Bruno Munari (1981), na qual está dividida em 12 fases: Problema; Definição do problema; Componentes do problema; Coleta de dados; Análise dos dados; Criatividade; Pesquisa de materiais e tecnologias; Experimentação; Modelo; Verificação; Desenho de construção; Solução. Porém além destas fases, será incluído também, um ponto quando as análises ergonômicas e de segurança do dispositivo.

Com tudo isso relatado, a seguir será descrito o que são cada uma destas fases para o autor conforme o quadro 2:

Quadro 2. Fases da metodologia de Bruno Munari (1983)

P	DP	CP	CD	AD	C
<i>Problema</i>	<i>Definição do Problema</i>	<i>Componentes do Problema</i>	<i>Coleta de Dados</i>	<i>Análise dos Dados</i>	<i>Criatividade</i>
MT	E	M	V	DC	S
<i>Materiais e Tecnologias</i>	<i>Experimentação</i>	<i>Modelo</i>	<i>Verificação</i>	<i>Desenho de Construção</i>	<i>Solução</i>

Fonte: Adaptado pelo autor, 2016.

3.1 PROBLEMA

Para Munari (1981), problema é a identificação de uma necessidade ou uma oportunidade de melhoria. Onde para o autor, o problema não se resolve por si só. No entanto, contém todos os elementos para a sua solução. É necessário conhecê-los e utilizá-los no projeto de solução.

3.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Segundo Munari (1981), após a identificação do problema, é normal agir com a intensão de solucionar imediatamente o mesmo, porem o autor sugere que não se deva buscar ideias neste momento, pois precisa-se primeiramente, definir o problema com um todo e determinar os limites dos quais se pretende trabalhar.

3.3 COMPONENTES DO PROBLEMA

Para Munari (1981), independente do problema que houver, teremos que os dividir em componentes. Essa tarefa ajuda o projeto, pois facilita na determinação de pequenos problemas que se ocultam no problema maior. Entende-se por componentes, todos os elementos que constituem um problema, sendo eles diretos (aqueles que contribuem de fato com a constituição da solução final), ou indiretos (aqueles que interferem no problema somente de modo tangencial, não afetando diretamente sua concretização).

3.4 COLETAS E ANÁLISE DE DADOS

Para Munari (1981), após a determinação dos componentes, é necessário obter dados sobre os mesmos, afim de analisá-los e poder esclarecer certos pontos para encontrar a melhor solução do problema.

3.5 CRIATIVIDADE

Para Munari (1981), enquanto a ideia fornece solução pronta, a criatividade ajuda a decidir uma solução, gerando ações e operações importantes, dentro das realidades onde o problema está inserido. De nada basta pensar, em ter uma ideia de solução, na qual não se pode realizar. Sendo assim, a criatividade busca

encontrar soluções evitando dificuldades nas demais fases.

3.6 MATERIAIS E TECNOLOGIAS

Segundo Munari (1981), esta etapa consiste em pesquisar e encontrar os materiais e tecnologias que satisfaçam o projeto. Porém ambas as necessidades devem andar juntas. Ou seja, deverá o projeto conter tecnologias que atenda aos materiais escolhidos e os materiais escolhidos deve ser propício a utilização das tecnologias propostas. Vale ressaltar que os processos de fabricação e a reduções de custo devem ser considerados nestas análises citadas acima.

3.7 EXPERIMENTAÇÃO

Para Munari (1981), essa fase busca descobrir e experimentar novas técnicas de aplicação para o material. De modo geral, é a fase onde se testa novos conceitos a fim de verificar se algo novo, que ajude na resolução do problema, pode ser descoberto.

3.8 MODELO

Segundo Munari (1981), esta é a etapa onde parte-se para a construção de modelo demonstrativo. Podendo acontecer casos, onde mais de um modelo pode ser construído. Havendo também, a falta de recurso financeiro para o desenvolvimento de amostras físicas, pode-se considerar como modelos, as melhores alternativas de experimentações digitais.

3.9 VERIFICAÇÕES

Para Munari (1981), agora é a hora de se realizar as verificações no modelo, a fim de checar se os requisitos do projeto foram atendidos e conseqüentemente, se o problema estará solucionado. Caso houver qualquer necessidade de modificação e/ou ajustes de melhoria, este é o momento.

3.10 DESENHO DE CONSTRUÇÃO

Para Munari (1981), após a verificação, começa a preparação dos desenhos de construção com as medidas, com o intuito de realizar a construção do protótipo final. Os desenhos de construção geram informações concretas, claras e legíveis para a materialização do protótipo.

3.11 SOLUÇÃO

Segundo Munari (1981), esta é fase final, onde se chegará a solução do problema.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Abaixo será relatado todas etapas do desenvolvimento do trabalho, bem com as análises dos resultados.

Para o presente trabalho, as oportunidades ou os problemas encontrados, são os elevados esforços físicos exigidos dos colaboradores e também o tempo da operação. Onde para ambos os casos, o elevado peso da bateria é o principal gerador dos problemas, pois a mesma tem um peso superior uma tonelada.

Devido ao peso da bateria ser em torno de 1,2 toneladas são necessários dois colaboradores para realizar todas as movimentações da bateria que ocorre de forma manual e que se houver algum acidente, as consequências possivelmente serão gravíssimas.

A divisão dos componentes do problema levantado neste trabalho, baseia-se em dois pontos: O esforço físico dos colaboradores e o tempo para a troca de bateria.

Levando em consideração, que durante a operação é necessário, retirar a bateria descarregada da empilhadeira, colocar a mesma no dispositivo de recarga, retirar a bateria carregada do dispositivo e colocar essa na empilhadeira, temos ao todo, 4 movimentações até a conclusão de toda a operação. Isso faz com que se aumenta ainda mais os desgastes dos colaboradores, bem como aumenta as probabilidades de acidentes.

Como a operação precisa ser realizada de forma manual e por dois

colaboradores, há também o risco de possíveis falhas humanas, gerando assim um risco para o próprio funcionário, bem como para o colega da atividade. Os riscos mapeados nesta operação, são os esmagamentos, ocasionados pela movimentação da bateria, ou até mesmo pela movimentação da própria empilhadeira. Pois durante a atividade, além das tarefas de empurrar e puxar a bateria da empilhadeira até o dispositivo e vice-versa, são necessárias também algumas passagens dos colaboradores entre partes da empilhadeira (torre e a cabine do operador). Onde a torre está acionada com um deslocamento dos garfos totalmente para a frente, deixando assim, um espaço onde acontece esta movimentação dos colaboradores. Como também se faz necessários o deslocamento da empilhadeira, para que a haja um melhor alojamento da bateria no dispositivo de recarga, também tem se o risco de acidente entre a empilhadeira e os colaboradores.

Além disso, sendo a bateria um objeto pesado, impossibilitando a troca manual por somente uma pessoa, como comentado outras vezes neste trabalho, estará sendo incluído no tempo de operação uma multiplicação de duas vezes, para que daí sim, haja um valor correto para a identificação do tempo total utilizado na atividade.

Com o auxílio de uma célula de carga, foi possível encontrar o valor de esforço que é necessário para realizar a troca de bateria. Como pode-se ver na imagem abaixo, para esta atividade, há um pico de esforço de 240 Kg. Este pico ocorre no momento em que a bateria, partindo de repouso na empilhadeira, passa a se movimentar em sentido ao dispositivo de recarga.

Figura 9. Display da célula de carga



Para a determinação do tempo para a troca de baterias, foram realizadas 5 medições, com diferentes colaboradores. Após todas estas medições, chegou-se a um tempo médio de 00:03:52 para cada operação de troca. Desta forma, para a organização, o tempo total da troca, levando em consideração os recursos utilizados (dois colaboradores) é de 00:07:44. Vale ressaltar que durante um dia de trabalho, onde a carga horário dos colaboradores é de 08:48:00, há a necessidade de realizar ao mínimo, uma troca por equipamento (empilhadeira). E havendo no departamento 4 máquinas, temos um tempo total de 00:30:56 nesta atividade.

Sendo assim, para o presente trabalho, existem algumas possibilidades para minimizar e até eliminar os problemas encontrados. A forma sugerida, foi criar um dispositivo automatizado para que se elimine os esforços exigidos dos colaboradores e que reduza os tempos de operação e também os riscos e gravidades dos acidentes.

Para esta automatização pensou-se em algo hidráulico, pneumático ou elétrico, pois estes modos estão dentro das possibilidades onde o trabalho pode efetuar suas resoluções. Porém para isso, foi necessário realizar um estudo para a identificação dos pontos positivos e negativos de cada um dos métodos propostos.

Como comentado anteriormente, pensou-se na utilização de um dispositivo com automatização hidráulica, pneumática ou elétrica. E com isso, buscou-se informações quanto aos benefícios e dificuldades para a implementação de cada uma das propostas no dispositivo.

No quadro 3, foram listadas, algumas das informações obtidas no estudo:

Quadro 3. Tabela para obtenção do modo de automatização

	Hidráulica	Pneumática	Elétrica
Capacidade de carga	Bem alto	Limitadas à 20.000 N (aproximadamente).	Altos e com maiores investimentos (dependendo do que se almeja).
Atuadores	O dispositivo terá a dificuldade devido a instalação de todos os componentes, principalmente quanto ao reservatório e atuador.	Os atuadores pneumáticos são de difícil localização, pois não foi localizado no mercado nacional um atuador que atenda as exigências de carga e extensão necessárias.	Os atuadores por acionamento elétrico não mostram restrições quanto ao espaço/porte do dispositivo.
Custo	Alto	Muito alto	Médio
Movimentos lineares	Simples	Simples	Médio
Velocidade de trabalho	Baixa (Aproximadamente 0,5 m/s)	Média (aproximadamente 4 m/s)	Alta
Interligação	Caro	Simples	Simples
Cursos alcançáveis	Altos (até 10 m ou mais)	Baixo (Limitado em 2 m)	Alto

Fonte: Autor 2016. Adaptado ROSA, vol. 2, (2012), p. 161.

Com base nas informações acima, decidiu-se pela utilização de um sistema elétrico, pois este apresenta uma maior diversidade de opções de componentes no mercado nacional, e também é o método que apresentou o menor custo.

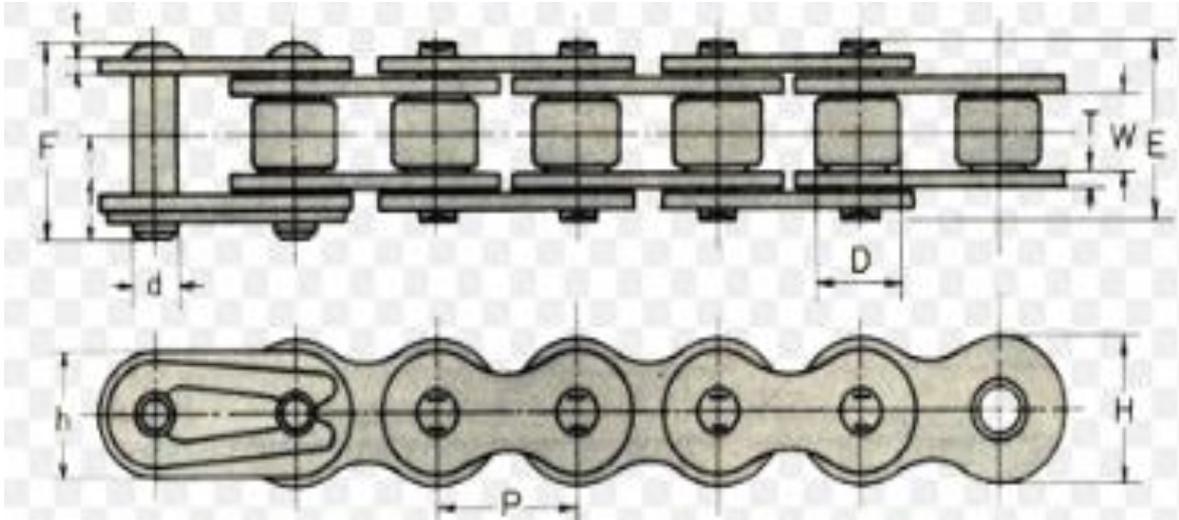
Para o presente trabalho, nesta etapa buscou-se novas técnicas de aplicação do método elétrico, afim de encontrar soluções para os problemas.

Através das buscas, foram encontrados atuadores lineares, que atenderiam a carga solicitada (em torno de 2400 N) ou a dimensão necessária (1500 mm). Porém houve dificuldade na localização de atuadores que atenderiam as duas necessidades ao mesmo tempo. Em casos onde o atuador linear atendeu das duas especificações, houve um acréscimo de investimento bastante alto ao projeto.

Ainda nesta fase de busca de novas técnicas, encontrou-se métodos de atuação do sistema elétrico, onde o acionamento era realizado por um motor, gerando movimentos circulares. Sendo que através de engrenagens de dentes, instalados ao eixo de rotação, foram acopladas correntes de rolo, conforme imagem

abaixo, afim de gerar a partir daí movimentos lineares.

Figura 10. Corrente de rolo



Fonte: Transmitec 2016.

Outro modo com acionamento elétrico que pode ser utilizado no dispositivo para a troca de bateria e que gera o movimento necessário para esta operação, é um modo muito similar ao comentado acima. Ou seja, ao invés de utilizamos engrenagens de dentes no eixo de rotação, poderemos utilizar engrenagens cônicas, afim de gerar movimentos circulares, perpendiculares ao eixo gerador para o funcionamento de fusos.

Figura 11. Engrenagens cônicas e fuso



Com base as análises feitas nos modos acima mencionados, optou-se pelo segundo modo apresentado na fase anterior. Ou seja, pelo método de acionamento por motor e por deslocamento linear, com utilização de engrenagens e correntes de

rolo. Sendo assim, antes da fase de construção do modelo demonstrativo, precisamos realizar alguns cálculos, afim de determinar o tipo de motor, engrenagens e correntes para o dispositivo. É também nesta fase que o trabalho abortará e analisará as questões ergonômicas e de segurança do dispositivo. Com tudo, segue abaixo memorial de cálculos referente a estas determinações.

4.1 MEMORIAL DE CÁLCULOS

A primeira etapa, consiste em determinar o motor que será necessário para realizar o deslocamento da bateria. Como sabemos que o peso nesta movimentação é de 240 Kg, iniciamos a determinação por isso.

- F_t = Força tangencial (N);
- P = Peso (Kg);
- g = velocidade gravitacional (m/s).

$$F_t = P \cdot g$$

$$F_t = 240 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}$$

$$F_t = 2535,4 \text{ N}$$

Conforme quadro 4, segue Coeficiente de Segurança utilizado para se chegar a força tangencial total:

Quadro 4. Tabela de coeficiente de segurança - Fator de serviço

Máquina Conduzida	Máquina Condutora					
	Motores AC: Torque Normal, Rotor Galola de Anéis, Síncronicos, Divisão de Fase Motores DC: Enrolados em Derivação Motores Estacionários: Combustão interna de Múltiplos Cilindros			Motores AC: Alto Torque, Alto Escorregamento, Repulsão-Indução, Monofásico, Enrolado em Série, Anéis Coletores Motores DC: Enrolados em Série, Enrolados mistos Motores Estacionários: Combustão interna de um cilindro* Eixos de Transmissão Embreagens		
	Serviço Intermitente	Serviço Normal	Serviço Contínuo	Serviço Intermitente	Serviço Normal	Serviço Contínuo
	3-5 h diárias ou periodicamente	8-10 h diárias	16-24 h diárias	3-5 h diárias ou periodicamente	8-10 h diárias	16-24 h diárias
As máquinas relacionadas são apenas exemplos representativos. Escolha o grupo cujas características sejam mais semelhantes à máquina em consideração						
Agitadores para Líquidos Ventiladores e Exaustores Bombas Centrífugas e Compressores Ventiladores até 10cv Transportadores de Carga Leve	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Correias Transportadoras para Areia e Cereais Ventiladores de mais 10cv Geradores Eixos de Transmissão Maquinário de Lavanderia Punções, Prensas e Tesourões Máquinas Gráficas Bombas Centrífugas de Deslocamento Positivo Peneiras Vibratórias Rotativas	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Maquinário para Olaria Elevadores de Canecas Excitadores Compressores de Pistão Moinhos de Martelo Moinhos para Indústria de Papel Bombas de Pistões Serrarias e Maquinário de Carpintaria Maquinários Têxteis	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5
Britadores (Giratórios e de Mandíbulas) Guindastes Misturadores, Calandras e Moinhos para Borracha	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,8
* O fator de serviço deverá ser aplicado sobre o valor para regime contínuo, mencionado na placa de identificação do próprio motor. Subtraia 0,2 (com um fator de serviço mínimo de 1,0) quando se tratar de classificação máxima intermitente. Recomenda-se o uso de um Fator de Serviço de 2,0 para equipamento sujeito a sufocações ou alcagadços.						

Fonte. Melconian, 2013, p. 55.

Como não há o modo exato ao utilizado no dispositivo, optou-se pelo pior caso encontrado entre os modos similares. 1,1 (Adimensional);

$$Ft = 2535,4 N \cdot 1,1$$

$$Ft = 2589,84 N$$

Após isso, houve o desenvolvimento do cálculo para a determinação da potência do motor:

- P = Potência (cv);

- Ft = Força tangencial (N);
- v = Velocidade desejada para o dispositivo (m/s).

$$P = \frac{Ft \cdot v}{736}$$

$$P = \frac{2589,84 \text{ N} \cdot 0,1 \text{ m/s}}{736}$$

$$P = 0,3514 \text{ CV}$$

A partir deste resultado, estaremos utilizando um motor de 0,5cv, que é a primeira opção encontrada a partir do resultado 0,3514cv.

Após isso, temos que determinar os tipos de engrenagens e correntes. O ponto para iniciar estas determinações, é conhecer a força de ruptura do sistema e localizar em catálogos, algo que atenda este requisito. Porém antes da determinação da força de ruptura, precisamos definir o “ns” (Coeficiente de segurança) e “k” (Fator de operação), valores adimensionais, que são definidos através da tabela 1 e quadro 5, e que serão utilizados na fórmula.

Tabela 1. Coeficiente de segurança - Corrente de rolos

Passo	RPM da engrenagem menor								
	50	200	400	600	800	1000	1200	1600	2000
Cor. De rolos - 1/2" - 5/8"	7,0	7,8	8,6	9,4	10,2	11,0	11,7	13,2	14,8
3/4" - 1"	7,0	8,2	9,4	10,3	11,7	12,9	14,0	16,3	-
1 1/4" - 1 1/2"	7,0	8,6	10,2	13,2	14,8	16,3	19,5	-	-
Corr. dentadas - 1/2" - 5/8"	20,0	22,2	24,4	28,7	29,0	31,0	33,4	37,8	42,0
3/4" - 1"	20,0	23,4	26,7	30,0	33,4	36,8	40,0	46,5	53,5

Fonte: Adaptado, Melconian, 2013, p. 293.

Quadro 5. Fator de operação

Ks	Fator de serviço
Ks	1,0 carga constante, operação intermitente
Ks	1,3 com impactos, operação contínua
Ks	1,5 impactos fortes, operação contínua
Kl	Fator de lubrificação
Kl	1,0 lubrificação contínua
Kl	1,3 lubrificação periódica
Kpo	Fator de posição
Kpo	1,0 quando a linha é horizontal, ou possuir uma inclinação de até 45° em relação a horizontal
Kpo	1,3 quando a linha possuir uma inclinação superior a 45° em relação a horizontal

Fonte: Adaptado, Melconian, 2013, p. 293.

Determinação do K:

$$K = Ks \cdot Kl \cdot Kpo$$

$$K = 1,3 \cdot 1,3 \cdot 1$$

$$K = 1,69$$

Determinação da força de ruptura:

- Frup = Força de ruptura (N);
- Fmáx = Força máxima (N);
- ns = Coeficiente de segurança (adimensional);
- k = Fator de operação (adimensional).

$$Frup = Fmáx \cdot ns \cdot k$$

$$Frup = 2589,84 \text{ N} \cdot 7 \cdot 1,69$$

$$Frup = 30637,8 \text{ N ou } 3123,12 \text{ Kg}$$

Conforme quadros abaixo (6 e 7), foram encontradas duas opções de utilização que atendem o valor necessário:

Quadro 62. Força de ruptura de correntes de rolos

Correntes	PASSO		ENTRE PLACAS	ROLO	PLACAS		PINOS			CARGA RUPTURA (kgf)	PESO (Kg/m)
	P				D	T	H	Diametro d	Rebite g		
	mm	in	W	D						T	H
25/1	6,35	1/4"	3,30	3,28	0,70	5,85	2,30	7,62	8,58	360	0,13
35/1	9,525	3/8"	4,80	5,08	1,20	8,78	3,58	11,60	12,80	800	0,32
35/2								22,00	23,20	1.600	0,69
40/1	12,70	1/2"	7,95	7,92	1,50	12,00	3,97	16,35	17,85	1.420	0,63
40/2								31,00	32,10	2.840	1,20
41/1	12,70	1/2"	6,35	7,77	1,20	9,91	3,58	13,75	15,00	800	0,40
50/1	15,875	5/8"	9,53	10,16	2,00	15,00	5,09	20,30	22,00	2.210	1,06
50/2								38,60	40,10	4.420	2,04
60/1	19,05	3/4"	12,70	11,91	2,40	18,10	5,96	25,70	27,20	3.100	1,44
60/2								48,60	50,10	6.300	3,03
80/1	25,40	1"	15,88	15,88	3,20	24,00	7,94	32,80	35,30	5.700	2,55
80/2								62,10	64,70	11.330	5,07
100/1	31,75	1.1/4"	19,05	19,05	4,00	29,90	9,54	40,50	43,00	8.850	3,79
100/2								76,50	79,00	17.680	7,53
120/1	38,10	1.1/2"	25,40	22,23	4,80	35,90	11,11	50,80	53,30	12.800	5,50
120/2								96,40	99,10	25.500	11,00
140/1	44,45	1.3/4"	25,40	25,40	5,60	41,90	12,70	54,60	58,80	17.400	7,50
140/2								103,10	107,30	34.500	14,40
160/1	50,80	2"	31,75	28,58	6,40	47,80	14,29	65,10	69,10	22.700	9,85
160/2								123,90	127,90	45.400	19,40
180/1	57,15	2.1/4"	35,72	35,71	7,10	53,80	17,46	71,50	77,30	34.000	12,70
200/1	63,50	2.1/2"	38,10	39,68	8,00	60,00	19,85	78,00	84,80	35.400	15,80
200/2								149,70	156,50	70.800	32,10
240/1	76,20	3"	47,63	47,63	9,50	71,50	23,81	94,70	102,90	51.000	24,70
240/2								183,10	190,80	102.000	46,00

Fonte: Catálogo Transmitemec, 2016

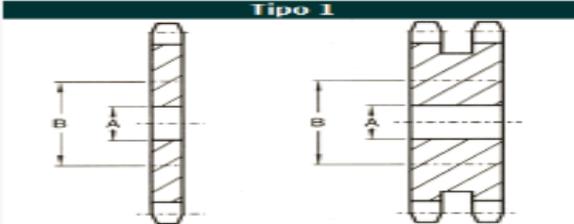
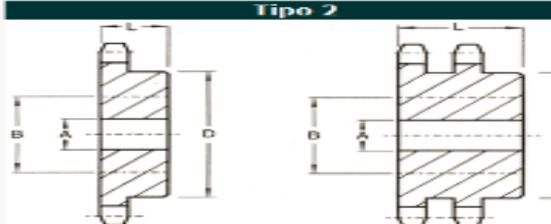
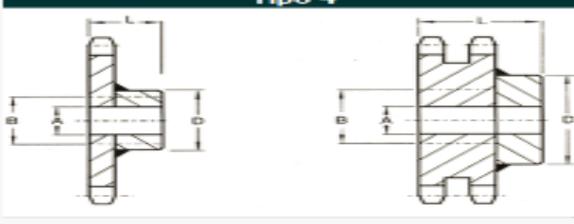
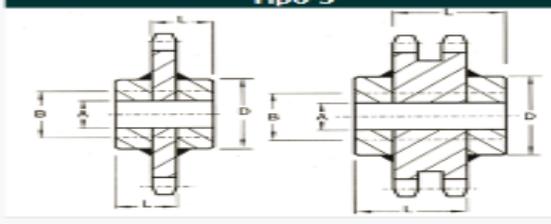
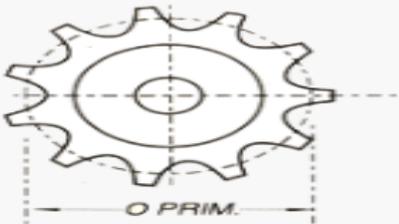
- Corrente dupla de 5/8" (Norma ANSI - ASA 50) - Frup = 4220 Kgf
- Corrente simples de 1" (Norma ANSI - ASA 80) - Frup = 5700 Kgf

Através de pesquisas de preço, pôde se identificar que a utilização do conjunto de 5/8" (dupla) acaba se tornando de custo mais elevado. Sendo assim, optou-se pela utilização do conjunto de 1" (simples), pois além de menor custo, apresenta uma força de ruptura maior.

A partir do passo identificado, buscou-se a determinação do torque necessário para o projeto. Foram vários cálculos e pesquisas, até encontrar um motoredutor que atenderia o torque desejado e que possibilitaria uma velocidade de 0,1 m/s, que é algo que se propôs inicialmente, como ideal para o dispositivo.

As análises foram feitas com os 4 primeiros tipos (quantidades de dentes) de engrenagens da tabela abaixo:

Quadro 7. Engrenagens de 1"

ENGRENAGEM 80 - 25,4 MM = 1"																																																																																			
																																																																																			
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Z</th> <th>PRIM.</th> <th>TRM</th> <th colspan="4">SIMPLES</th> </tr> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>D</th> <th>L</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>009</td> <td>74,26</td> <td>18009</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>45</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>010</td> <td>82,20</td> <td>18010</td> <td>20</td> <td>35</td> <td>53</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>011</td> <td>90,16</td> <td>18011</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>61</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>012</td> <td>98,14</td> <td>18012</td> <td>20</td> <td>45</td> <td>68</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>013</td> <td>106,14</td> <td>18013</td> <td>20</td> <td>50</td> <td>76</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>014</td> <td>114,15</td> <td>18014</td> <td>25</td> <td>56</td> <td>84</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>015</td> <td>122,17</td> <td>18015</td> <td>25</td> <td>61</td> <td>92</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>016</td> <td>130,20</td> <td>18016</td> <td>25</td> <td>67</td> <td>100</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>017</td> <td>138,23</td> <td>18017</td> <td>25</td> <td>73</td> <td>110</td> <td>35</td> </tr> </tbody> </table>				Z	PRIM.	TRM	SIMPLES					A	B	D	L			009	74,26	18009	20	30	45	35	010	82,20	18010	20	35	53	35	011	90,16	18011	20	40	61	35	012	98,14	18012	20	45	68	35	013	106,14	18013	20	50	76	35	014	114,15	18014	25	56	84	35	015	122,17	18015	25	61	92	35	016	130,20	18016	25	67	100	35	017	138,23	18017	25	73	110	35
Z	PRIM.	TRM	SIMPLES																																																																																
	A	B	D	L																																																																															
009	74,26	18009	20	30	45	35																																																																													
010	82,20	18010	20	35	53	35																																																																													
011	90,16	18011	20	40	61	35																																																																													
012	98,14	18012	20	45	68	35																																																																													
013	106,14	18013	20	50	76	35																																																																													
014	114,15	18014	25	56	84	35																																																																													
015	122,17	18015	25	61	92	35																																																																													
016	130,20	18016	25	67	100	35																																																																													
017	138,23	18017	25	73	110	35																																																																													

Fonte: Catalogo Transmitemec, 2016

Segue cálculo que apresenta o melhor resultado para a determinação da quantidade de dente (12), conforme velocidade e torque do motor. Nos outros casos, ou a velocidade acabou ficando muito baixa, ou o torque não era suficiente para o dispositivo.

- M_t = Torque (N.m);
- F_t = Força tangencial (N);
- d_o = Diâmetro primitivo (mm);
- 0,001 – Conversão de mm para m.

$$M_t = \frac{F_t \cdot d_o \cdot 0,001}{2}$$

$$M_t = \frac{2589,84 \text{ N} \cdot 98,14 \text{ mm} \cdot 0,001}{2}$$

$$M_t = 116,75 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 1,3\text{m}$$

$$M_t = 165,2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

- V_c = Velocidade de atuação (m/s);
- Z = número de dentes (adimensional);
- t = Passo (mm);
- n = Rotação (rpm).

$$V_c = \frac{Z \cdot t \cdot n}{60 \cdot 1000}$$

$$V_c = \frac{12 \cdot 25,4 \text{ mm} \cdot 20 \text{ rpm}}{60 \cdot 1000}$$

$$V_c = 0,1 \text{ m/s}$$

Com estas informações/resultados, segue o moto redutor escolhido para o dispositivo:

Figura 1210. Moto redutor de 0,5cv



Fonte: www.liloredutores.com.br, 2016

Para finalizar os cálculos, falta definir o número de elos da corrente e conseqüentemente o comprimento total da mesma. Inicialmente sugere-se que o dispositivo, tenha uma distância entre centros das engrenagens de 1500 mm, porem segue os cálculos para a melhor determinação.

Determinação do número de elos:

- $Z1$ e $Z2$ = Número de dentes da engrenagem;
- C = Distância entre centros inicial;
- t = Passo;

$$y = \frac{Z1 + z2}{2} + \frac{2C}{t} + \left(\frac{Z2 - Z1}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{t}{c}$$

$$y = \frac{9 + 9}{2} + \frac{2.1500}{25,4} + \left(\frac{9 - 9}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{25,4}{1500}$$

$$y = 9 + 118,11$$

y = 127,11 ou 128 elos

Distância correta entre centros das engrenagens

$$c = \frac{t}{4} \cdot \left[y - \frac{Z1 + Z2}{2} + \sqrt{\left(y - \frac{Z1 + Z2}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{Z2 - Z1}{2\pi} \right)^2} \right]$$

$$c = \frac{25,4}{4} \cdot \left[128 - \frac{9 + 9}{2} + \sqrt{\left(128 - \frac{9 + 9}{2} \right)^2 - 8 \left(\frac{9 - 9}{2\pi} \right)^2} \right]$$

$$c = 6,35 \cdot [119 + \sqrt{14161}]$$

$$c = 6,35 \cdot [119 + 119]$$

c = 1511,3 mm

Comprimento da correia

$$l = y \cdot t$$

$$l = 128 \cdot 25,4 \text{ mm}$$

l = 3251,2 mm

Ao final destes cálculos chegamos a determinação dos componentes para a automatização do dispositivo.

4.2 PRINCIPAIS COMPONENTES DO PROJETO

Segue abaixo, os principais componentes do projeto, sendo eles dimensionados neste trabalho ou somente determinados através de suas características já definidas:

- Moto redutor – Coaxial Redução de 1:84 Com Motor Weg de 0,5cv, rotação de saída de 20 rpm, torque de 165,2 N.m, 4 polos, 220/380 V;

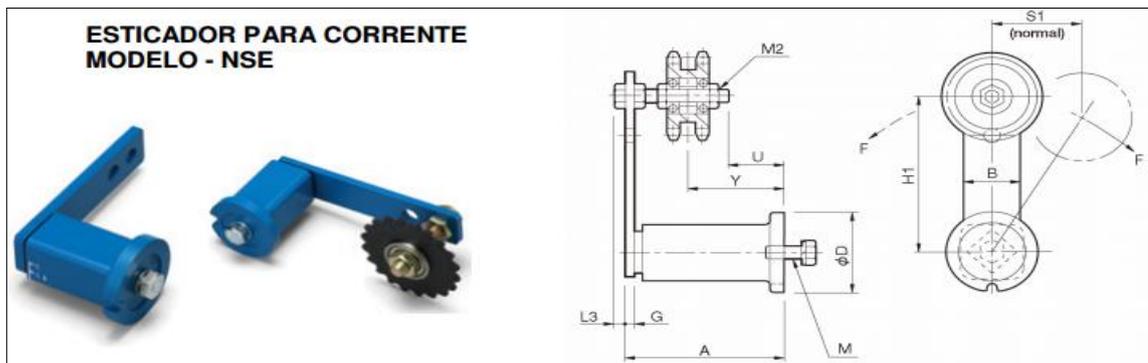
- Engrenagem – Simples, 12 dentes e passo de 1”;
- Corrente de rolos – Simples, passo de 1” e 3251,2 mm de comprimento ou 128 elos;

Além dos componentes já dimensionados, foram ainda determinados mais alguns outros para serem inseridos no projeto.

Segue a seguir, quais são eles:

- Para ajudar no tensionamento da corrente, será utilizado um esticador conforme modelo/figura 13:

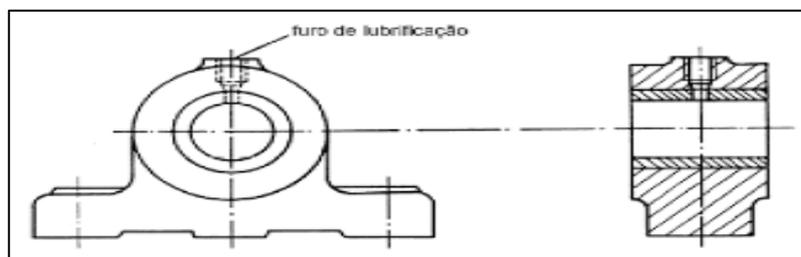
Figura 1311. Tensionador de corrente



Fonte: Kaishin, 2013.

- Será utilizado também, dois pares de mancais para colocação dos eixos, onde ficarão acopladas as engrenagens;

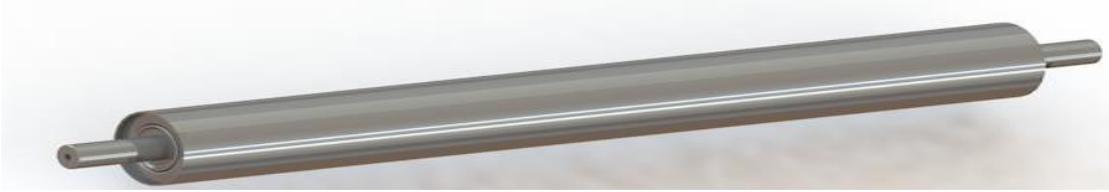
Figura 14. Mancal para eixo



Fonte: Fundamentos da mecânica I, 2015, p. 170.

- Com intuito de facilitar o deslocamento da bateria, será incluído 8 roletes com rolamento de 70 mm de espessura na parte inferior do dispositivo;

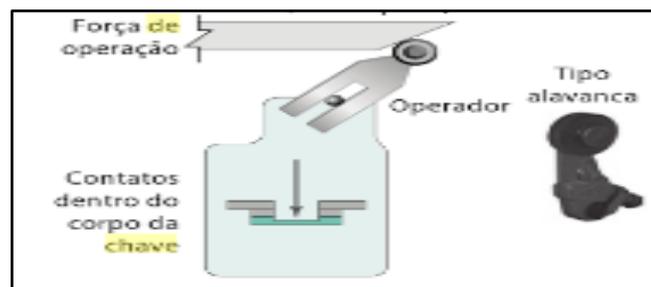
Figura 125. Rolete com rolamento



Fonte: www.logismarket.ind.br, 2016

- Com a função de empurrar e puxar a bateria, será incluído um braço, com um par de corrente de elos e um par de ganchos na sua extremidade;
- Para eliminar a possibilidade de o braço de deslocamento chegar até as engrenagens de dentes, serão utilizadas nas duas extremidades, chaves de fim de curso;

Figura 16. Chave fim de curso

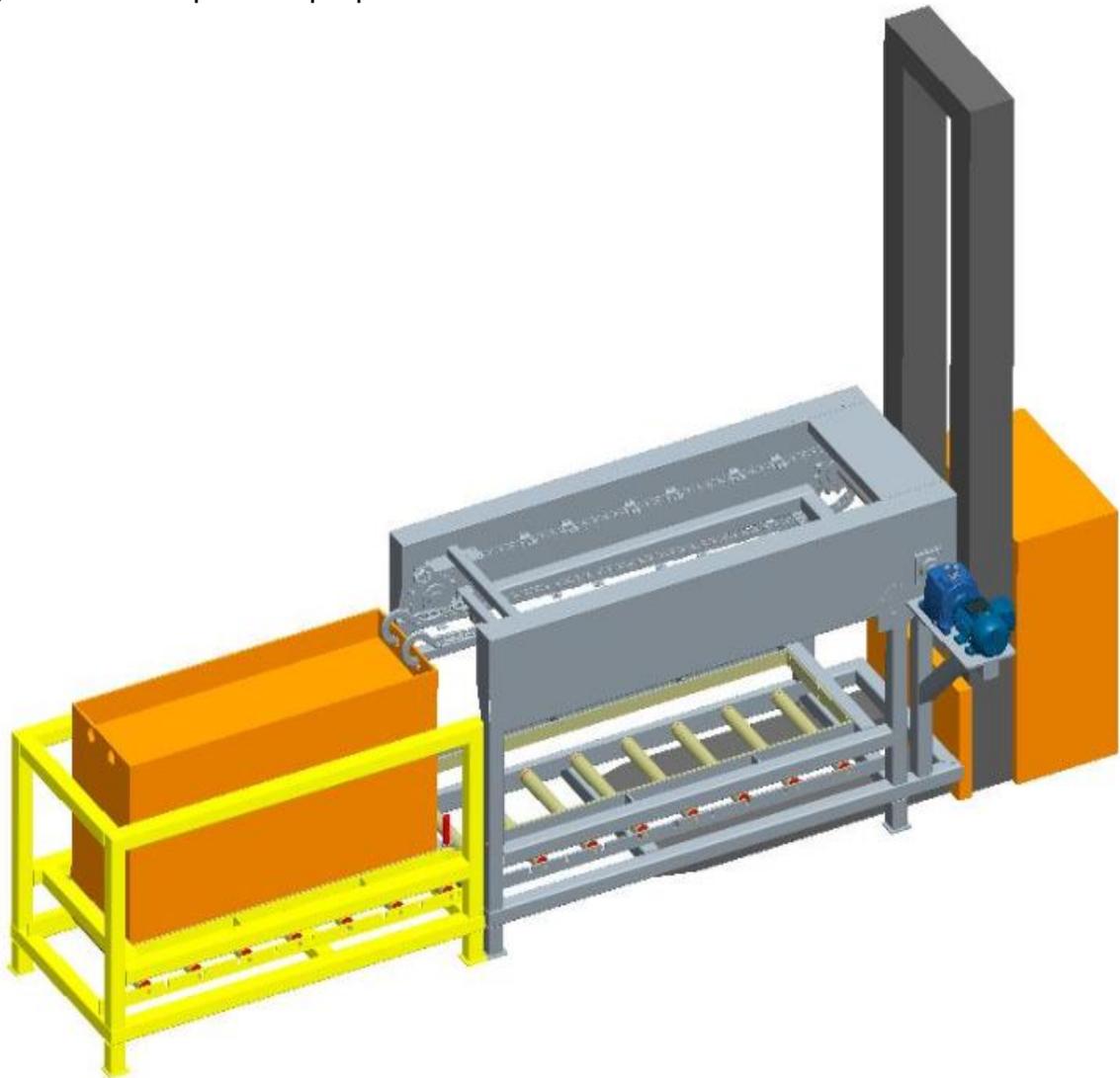


Fonte: Motores elétrico e acionamentos, 2013, p. 87.

- Com intuito de garantir ainda mais segurança a operação, será instalada chave de partida para o acionamento do dispositivo e sistemas luminoso de alerta para orientar demais pessoas da realização da atividade;
- A fim que não utilizarmos cabos de energia, como extensões no deslocamento do dispositivo, será proposto a utilização de um inversor de tensão (48v para 220v). Desta forma, a geração de energia, passa a ocorrer das próprias baterias que estão sendo substituídas.

O próximo passo agora, é a construção do modelo demonstrativo. E com intuito de reduzir custos do projeto, foi criado um modelo virtual conforme imagem 17 (dispositivo projetado é o equipamento na cor cinza):

Figura 1713. Dispositivo proposto



Como comentado anteriormente, infelizmente não se pôde construir o dispositivo físico, sendo assim, as partes de verificação, ficarão para serem analisadas no projeto virtual do mesmo.

Um dos pontos de maior dificuldade do projeto, foi a fixação da parte onde haverá o deslocamento da bateria na correia. Ou seja, onde a mesma será puxada e empurrada tanto para a central de carga, quanto para a empilhadeira. Desta forma, decidiu-se, por utilizar dois pares de engrenagens e um par de correntes, afim de entre eles, adaptar um braço para facilitar estes deslocamentos. Inicialmente seria utilizado somente um conjunto (duas engrenagens e uma corrente de rolo), porem sentiu-se a necessidade de se incluir mais uma unidade do conjunto.

Segue abaixo imagens do projeto, sendo algumas com os principais dimensionais do dispositivo.

Esta primeira imagem mostra o sistema de pino que evita, em caso de movimento da bateria, que ela caia do dispositivo. E também o sistema para fixar o dispositivo à central de carga e empilhadeira, enquanto houver a operação de troca de bateria. Este segundo sistema, evitará que ambos os equipamentos se movam em sentidos opostos, evitando assim problemas na operação.

O pino para de travamento é de material 1045 maciço, com 25 mm de diâmetro.

Já o par de fixação, também é de material 1045, com espessura de 9,50 mm.

Figura18. Sistema e pino e fixação dos equipamentos

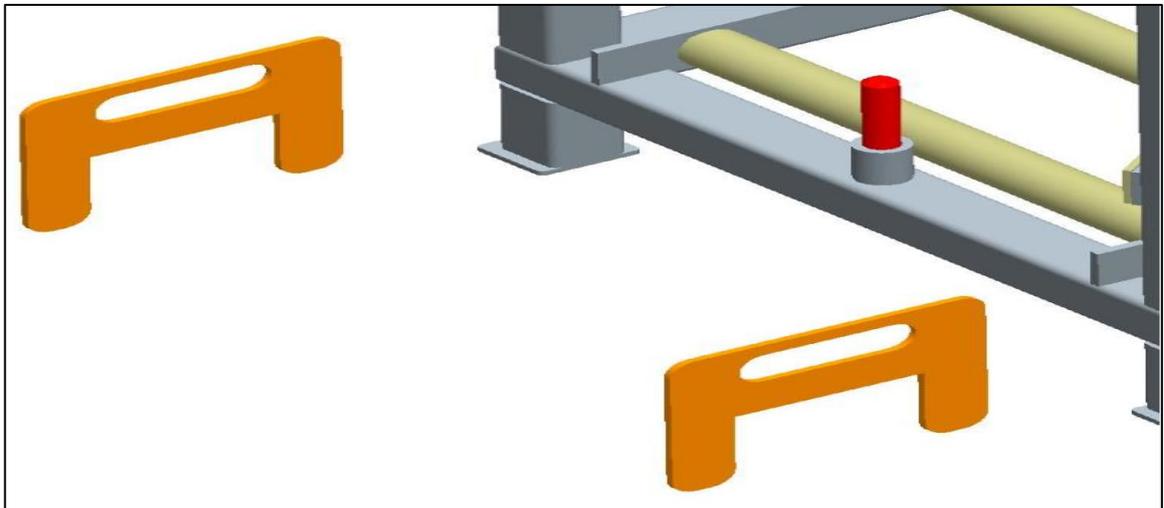


Figura 1914. Braço para empurrar e puxar a bateria

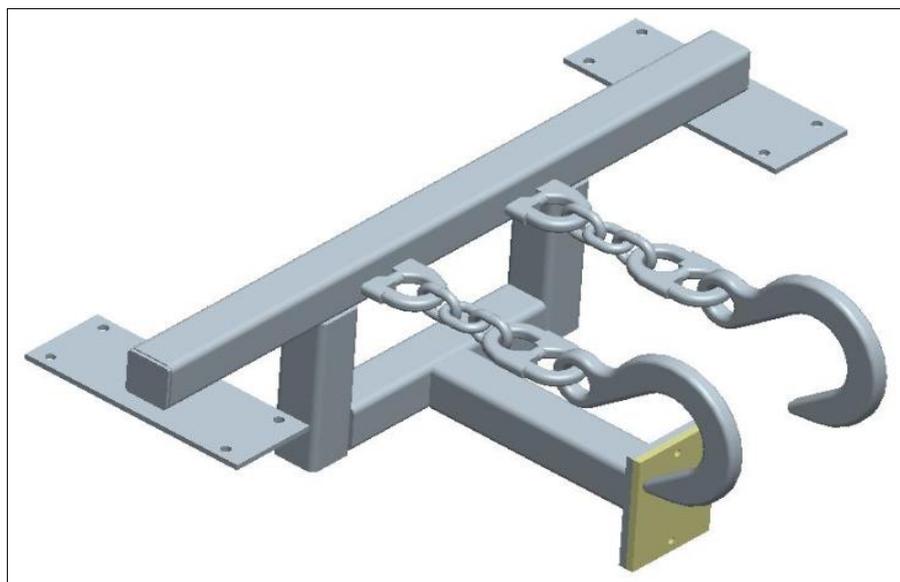


Figura 2015. Dispositivo com as partes móveis à mostra

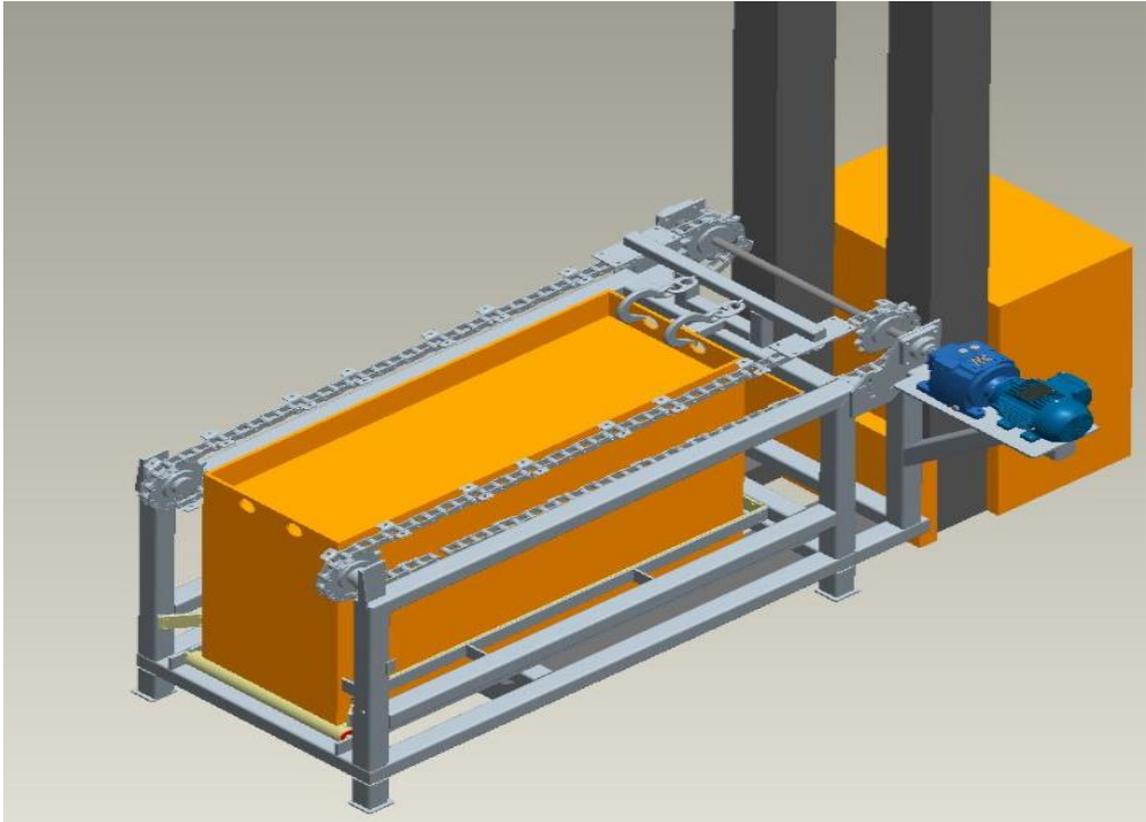
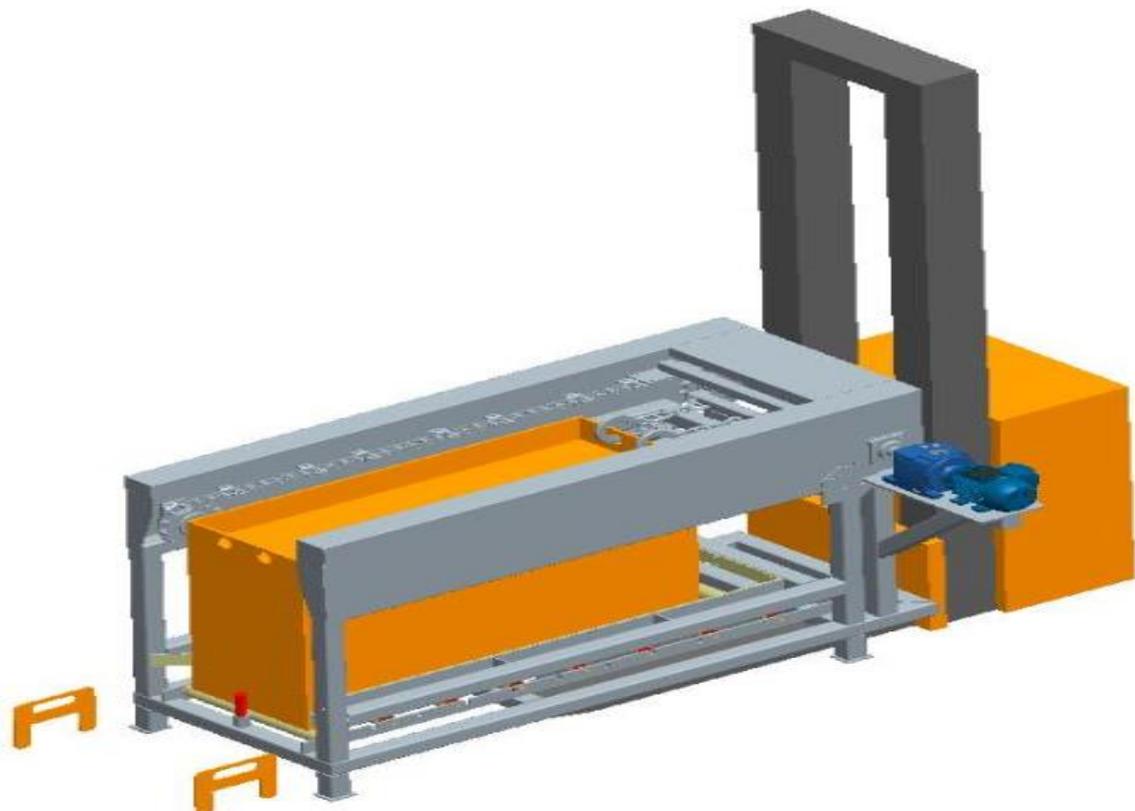


Figura 21. Dispositivo com as partes móveis fechadas



O projeto terá, basicamente em sua construção, tubos quadrados de 60x60x4,75 mm e chapas de proteção de 2 mm de espessura. Segue abaixo, imagens do dispositivo completo e com as principais cotas:

Figura 2216. Projeto completo

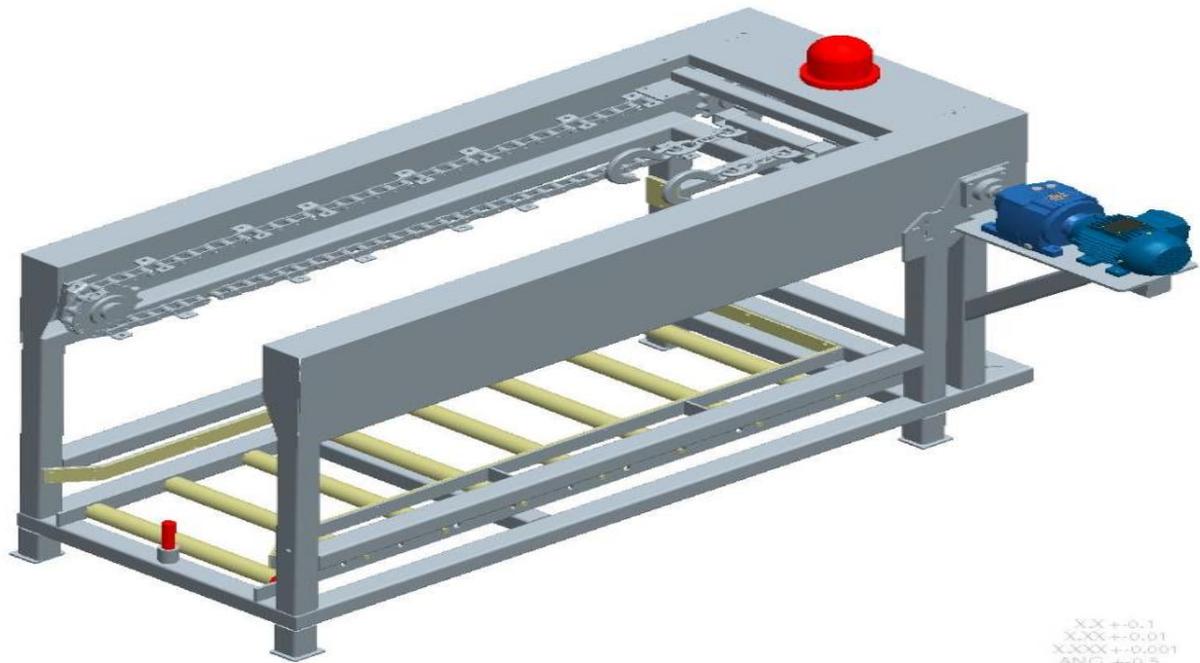


Figura 2317. Altura e comprimento do dispositivo

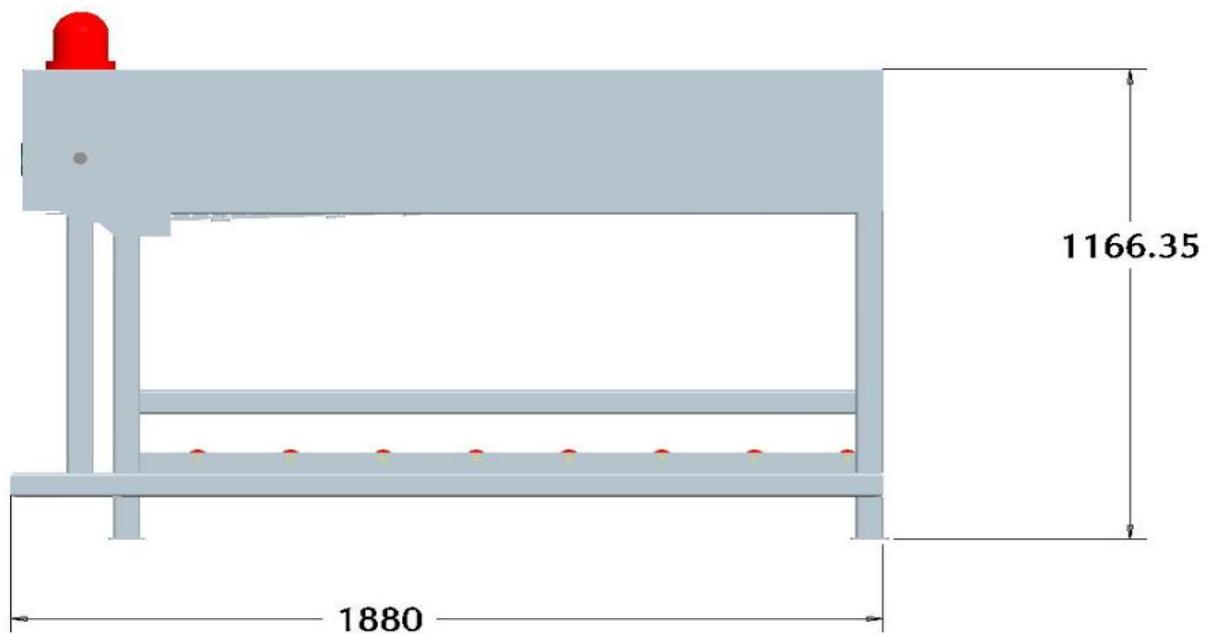
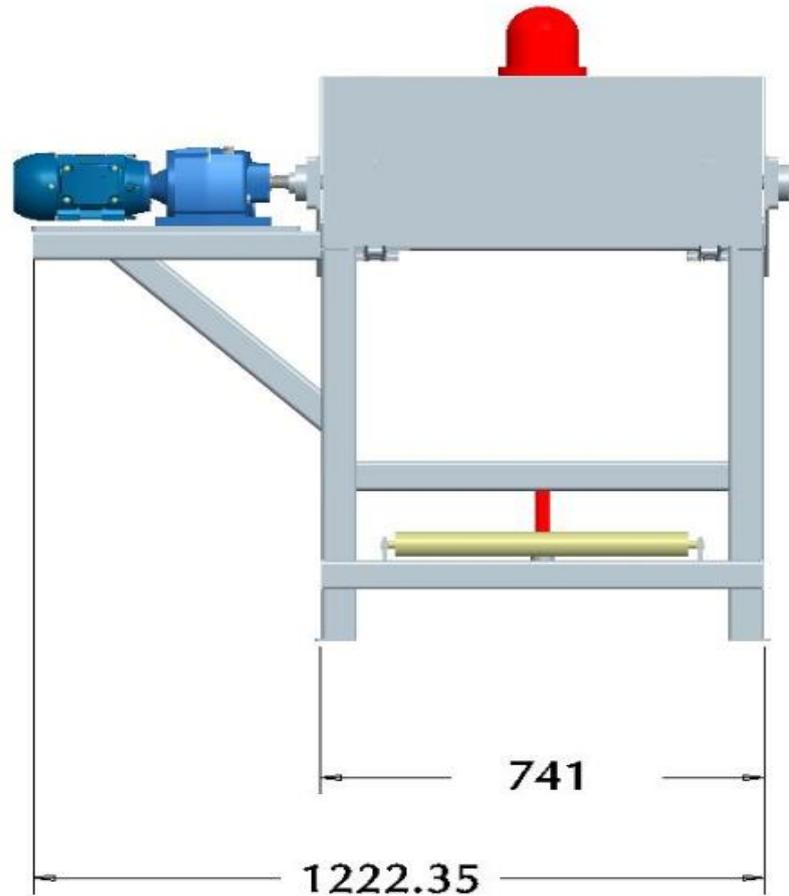


Figura 2418. Largura do dispositivo



Com o projeto virtual criado, foi feito o levantamento dos custos quanto a construção do dispositivo. Segue abaixo o detalhamento dos valores:

Tabela 2. Detalhamento de valores do projeto

Item	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Estrutura metálica	1	R\$ 2.600,00	R\$ 2.600,00
Roletes (diâmetro - 70 mm)	8	R\$ 76,00	R\$ 608,00
Engrenagem de 1" (norma AISI-ASA 80)	4	R\$ 55,00	R\$ 220,00
Corrente de rolo 1" (norma AISI-ASA 80) ABA K-1	2	R\$ 224,00	R\$ 448,00
Braço para empurre	1	R\$ 265,00	R\$ 265,00
Corrente para puxada (1/4" - Cg de trabalho 375 Kgf)	2	R\$ 18,00	R\$ 36,00
Gancho com olhal para puxada (Cg de 1,5 toneladas)	2	R\$ 32,00	R\$ 64,00
Motoredutor	1	R\$ 2.130,00	R\$ 2.130,00
Sensor/chave de final de curso	2	R\$ 46,00	R\$ 92,00
Esticador de corrente	2	R\$ 47,00	R\$ 94,00
Chave de partida para acionamento	1	R\$ 165,00	R\$ 165,00
Sinal luminoso	1	R\$ 45,00	R\$ 45,00
Inversor de tensão (48v para 220v - 3000 W)	1	R\$ 3.800,00	R\$ 3.800,00
Mancal para suporte dos eixos	4	R\$ 38,00	R\$ 152,00
Demais componentes (parafusos, cabos de energia, etc)	1	R\$ 180,00	R\$ 180,00
Total		R\$	10.899,00

Para o trabalho, mesmo não sendo possível a construção do dispositivo neste momento, entende-se que foi alcançado os objetivos do projeto. Ou seja. Tendo em vista todos os dimensionamentos e análises, constata-se que os problemas levantados inicialmente estariam tendo solução. Pois o tempo total da troca da bateria resultaria em uma redução e que os esforços físicos estariam sendo eliminados. Haveria sim um pequeno esforço, somente se fosse utilizado para o deslocamento do dispositivo, uma paleteira. Porém este esforço seria muito inferior ao que os colaboradores exerciam anteriormente.

Devido ao fato de não ter sido ainda ser possível à construção do dispositivo, fica um pouco mais difícil mensurar os resultados do projeto. Porém tem-se a certeza, de que com o funcionamento do dispositivo, haverá uma redução dos esforços físicos dos colaboradores. Pois o único esforço que o colaborador irá fazer, é mover o dispositivo com o auxílio de uma empilhadeira elétrica ou de uma paleteira. Além disso, cabe ressaltar que este projeto eliminará uma pessoa do processo, gerando assim, uma redução no tempo total desta operação e conseqüentemente uma maior produtividade para o departamento. Abaixo, segue uma simulação, quanto a redução de tempo diário, mensal e anual referente a esta retirada de um colaborador, utilizando o mesmo tempo de operação. Mesmo tendo a sensação, que o projeto reduzirá o tempo da operação, foi entendido que seria melhor apresentar um resultado/diferença com o mesmo tempo de execução atual. Segue no quadro 8 os valores da simulação.

Quadro 8. Simulação de tempo atual e proposto

	Tempo de operação	Qnde de pessoas	Qnde de trocas	Qnde de máquinas	Tempo/dia	Tempo/mês	Tempo/ano
Atual	00:03:52	2	1	4	00:30:56		
Proposta	00:03:52	1	1	4	00:15:28		
				Diferença	0:15:28	5:40:16	68:03:12

Mesmo que o projeto, tenha um tempo de operação, de até 00:07:43 segundos, haverá ainda uma redução, comparado a atividade com dois colaboradores como feito anteriormente.

5 CONCLUSÃO

As paradas de atividades, por mais que sejam necessárias, como neste caso realizando a troca de baterias em empilhadeiras elétricas retráteis, acabam afetando os resultados finais dos departamentos, companhias e demais serviços que necessitam de resultados positivos cada vez maiores. Sendo assim, sempre haverá a necessidade de se reduzir estes períodos ou até mesmo eliminar quando houver a possibilidade, a fim de aumentar a produtividade e consequentemente os lucros da respectiva área de atuação. Com tudo, para este caso, a construção e a implementação do dispositivo na atividade de troca de baterias, haverá além todos os benefícios citados anteriormente, uma satisfação dos funcionários do departamento, pois isso é algo que já vem sendo solicitado por eles há algum tempo.

Haveria ainda a possibilidade de reduzir os custos deste projeto. Porém para isso, deveriam ser desenvolvidos mecanismos que ao invés de serem acionados por sistemas elétricos, poderiam ser acionados por sistemas manuais, como por exemplo, manivela. Porém este não era o intuito deste projeto, pois inicialmente foi definido que todo o desenvolvimento seria com a proposta de se eliminar esforços manuais/físicos dos colaboradores. Desta forma, fica essa dica, para algum trabalho futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANTES, A. F. **Atualidades em ergonomia**. São Paulo, IMAM, 2004).
- ARAUJO, G. M. **Normas Regulamentadoras Comentadas**, 6 ed. Rio de Janeiro, 2007.
- BARBOSA, F. S, *et al.* **Modelagem numérica e análise experimental aplicadas ao projeto de uma célula de carga**. Juiz de Fora, MG, 2014.
- BIRD. J. **Circuitos elétricos, Teoria e Tecnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- BOLLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeias de Suprimentos / Logística Empresarial**. 5 ed. Bookman. Porto Alegre, RS, 2006.
- BRASIL, BRASÍLIA, DF. **Lei de Benefícios da Previdência Social – Lei Nº 8.213**, de 24 de julho de 1991.
- BRASIL, BRASÍLIA, DF. **NR 11 – Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais**, Portaria MTPS n.º 505, de 29 de abril de 2016. Disponível em: <<http://www.mtps.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR11.pdf>>. Acesso em : 01 de junho de 2016.
- CAMPOS, L. F. **SCM – Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**, Curitiba: Reproset, 2007;
- CARVALHO, I. R. S. **Projeto de uma empilhadeira manual de barcos à vela do tipo dingue e optimist**. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
- Catalogo de produtos Mecalux**. Disponível em: <<https://www.logismarket.ind.br/calderol/roletes/5705104463-1179618408-p.html>>. Acesso em 01 de Outubro de 2016.
- Catalogo de produtos Kaishin**. Disponível em: <http://www.kaishin.com.br/downloads/Tensor_Rosta.pdf>. Acesso em: 20 de Setembro de 2016
- Catalogo de produtos TRANSMITEC**. Disponível em: <<http://www.transmitec.com.br/index.php/produtos/show/id/1>>. Acesso em: 05 de Setembro de 2016.
- CHIBINSKI, M. **Introdução à Segurança do Trabalho**. Curitiba: Instituto Federal Paraná, 2011.
- CREDER, H. **Instalações Elétricas**, 15 ed. LTC editora. Rio de Janeiro, 2017
- GODINHO, W. B. **Gestão de Materiais e Logística**. Curitiba: Ceninter, 2004.
- LILO REDUTORES. Disponível em: <<https://www.liloredutores.com.br>>. Acesso em: 15 de Setembro de 2016.
- LOGÍSTICA – DISTRIBUIÇÃO. **Operação de empilhadeira**, Senai SP. São Paulo, 2014.

MACEDO, R. B. **Segurança, Saúde, Higiene e Medicina do Trabalho**. IESDE Brasil, Curitiba, 2012.

Manual de uso e operação PR 20 - Palettrans. Empilhadeira retrátil. Outubro, 2016. Disponível em: <<https://l3.cdnwm.com/ip/lextral-autoelevador-electrico-retractil-manual-de-uso-pr20-1001011.pdf>>. Acesso em :21 de maio de 2016.

MATTOS, U. A. O; MÁSCULO, F. S. **Higiene e segurança do trabalho**. Elsevier, Rio de Janeiro, 2011.

MELCONIAN, S. **Elementos de máquina**. Editora Érica, 10ª Edição, São Paulo, 2013.

MIRTH, A. **Eletricidade e eletrônica básica**. 4 ed. Alta books, Rio de Janeiro, 2013.

MORAES, C. C; CASTRUCCI, P. L **Engenharia de automação industrial**. 2 ed. LTC, Rio de Janeiro, 2007.

MUNARI, B. **Das coisas nascem coisas**. Edição 70, Lisboa-POR, 1981.

NR 12 – Segurança em atividades com máquinas sopradoras de materiais plásticos, Senai-SP. São Paulo, 2014.

PALETTA, M. A.; SILVA, A.G. **Otimizando o layout do armazém através da movimentação eficiente de materiais**. Jun. 2009. Disponível em: <http://www.intellog.net/ArtigosNoticias/Arquivos/artigo_layout.pdf>. Acesso em: 21 de Maio de 2016.

PETRUZELLA, F, D. **Motores elétricos e acionamentos**. AMGH Editora, Porto Alegre, 2013.

PROVENZA, F. **Projetista de máquinas**. 1 ed. Editora F. Provenza, São Paulo, 1960.

Tipos de empilhadeiras. <<http://empilhadeiraguaia.com/tipos-de-empilhadeiras>>. Acesso em: 13 de junho de 2016.

ROSA, C, S. **Acionamento de dispositivo atuadores**. Senai, Volume 1, Rio Grande do Sul, 2012;

ROSA, C, S. **Acionamento de dispositivo atuadores**. Senai, Volume 2, Rio Grande do Sul, 2012;

SENAI, **Fundamentos da Mecânica I**. São Paulo, 2015;

SCHACH, S. R. **Engenharia de Software: Os Paradigmas Clássico Orientado a Objetos**. 7 ed. Bookman, Porto Alegre, 2010.

VIEIRA, D.R.; ROUX, M. **Projeto de Centros de Distribuição: Fundamentos, metodologias e práticas para a moderna cadeia de suprimentos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

WEERDMEESTER, J. D. B. **Ergonomia prática**. 2 ed. São Paulo. Edgard Blucher, 2004.