

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**CAIO ELUF  
DANIEL LEONE FONSECA  
DANILLO DE SALES VIEIRA  
MAYARA GARCIA DELGADO  
WAMBERTO CHIARADIA LOPES**

**PROJETO DE UM EXOESQUELETO COMO DISPOSITIVO PARA  
REABILITAÇÃO**

**Santos – SP  
2018**

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**CAIO ELUF  
DANIEL LEONE FONSECA  
DANILLO DE SALES VIEIRA  
MAYARA GARCIA DELGADO  
WAMBERTO CHIARADIA LOPES**

**PROJETO DE UM EXOESQUELETO COMO DISPOSITIVO PARA  
REABILITAÇÃO**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como exigência parcial para obtenção do título de  
engenheiro à Faculdade de Engenharia da  
Universidade Santa Cecília, sob orientação do  
Prof. Dr. José Carlos Morilla E Prof. Me Ivo  
Koedel Filho.**

**Santos – SP  
2018**

CAIO ELUF  
DANIEL LEONE FONSECA  
DANILLO DE SALES VIEIRA  
MAYARA GARCIA DELGADO  
WAMBERTO CHIARADIA LOPES

PROJETO DE UM EXOESQUELETO COMO DISPOSITIVO PARA REABILITAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do título de engenheiro à Faculdade de Engenharia da Universidade Santa Cecília.

Data da aprovação: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Nota: \_\_\_\_\_

Banca Examinadora

---

Prof. Orientador Dr. José Carlos Morilla

---

Prof.(a) Ms./Dr.(a)

---

Prof.(a) Ms./Dr.(a)

## DEDICATÓRIA

*Às*

*Nossas famílias pela compreensão, apoio e por acreditarem sempre em nós.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. José Carlos Morilla, pelo seu apoio e pela orientação para completarmos este projeto.

Ao Prof. Me. Ivo Koedel pelas dicas de conhecimento específico e incentivo.

Prof. Dr. Francisco de Assis Corrêa, pela orientação de conceitos aplicados na pesquisa de mercado.

Prof. Irineu da Penha Ressureição e Prof. Sérgio Giangiulio, pelo apoio, disponibilidade e orientação no desenvolvimento do produto.

A todos os demais professores que nos lecionaram nestes cinco anos de curso, com certeza todos os conhecimentos que nos foram repassados auxiliaram na elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

Por fim, as nossas famílias, por nos fazer persistir com os nossos objetivos.

“Força e crescimento vêm somente através de esforço e luta contínuos.”

(Napoleon Hill)

## RESUMO

Dado o crescimento da população com limitações de movimentação dos membros inferiores, verificou-se a necessidade de desenvolvimento de tecnologias assistivas para este público. O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um exoesqueleto destinado à reprodução do movimento de marcha humana, para fins terapêuticos de reabilitação dos membros inferiores. O diferencial do produto, o músculo pneumático, é um item de múltiplas aplicações e que no exoesqueleto executa o levantamento das pernas para a caminhada, substituindo a força que os músculos do próprio corpo ainda não são capazes de executar sozinhos. Para o início do desenvolvimento deste trabalho, foi realizada a pesquisa de mercado, que forneceu os dados necessários para identificação do público alvo, perfil do consumidor, valor do produto, interesse e aceitação. Neste projeto dissertaram-se estudos técnicos sobre o desenvolvimento da tecnologia, bem como escolha de materiais, estudos econômicos para averiguar a viabilidade, com análise de cenários que consideram aplicação de capital próprio ou financiamento com determinada instituição financeira. Abordaram-se também temas como planejamento de produção, *layout* da fábrica e etapas para criação da empresa. Por fim, os resultados de todos os estudos foram avaliados para determinação das ações e pontuação de possibilidades de melhorias para o futuro. Em paralelo ao desenvolvimento teórico foi confeccionado um modelo do produto, a fim de se obter uma melhor análise técnica de sua fabricação, design, desempenho e limitações.

**Palavras-chave:** Reabilitação; fisioterapia; exoesqueleto; tecnologia assistiva.

## ABSTRACT

Given the growth of the population with limitations of movement of the lower limbs, it was verified the necessity of development of assistive technologies for this public. The objective of this work was the development of an exoskeleton for the reproduction of the human gait movement, for therapeutic purposes of rehabilitation of the lower limbs. The product differential, the pneumatic muscle, is an item of multiple applications and in the exoskeleton performs the lifting of the legs for the walk, replacing the force that the muscles of the body itself are not yet capable of performing alone. For the beginning of the development of this work, the market research was done, which provided the necessary data to identify the target public, consumer profile, product value, interest and acceptance. In this project it was discoursed technical studies about the development of the technology, as well as choice of materials, economic studies to investigate the feasibility, with analysis of scenarios that consider the application of capital or financing with a certain financial institution. Topics such as production planning, plant layout, and steps to create the company were also discussed. Finally, the results of all the studies were evaluated to determine the actions and score possibilities for improvements for the future. In parallel with the theoretical development, a product model was prepared in order to obtain a better technical analysis of its manufacturing, design, performance and limitations.

**Key words:** Exoskeleton; physiotherapy; rehabilitation; assistive technology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cidades com mais respostas.....	21
Figura 2 - Proporção de entrevistados que possuem imobilidade ou restrição de movimentos nos membros inferiores.....	21
Figura 3 - Proporção de entrevistados que conhecem alguém com limitações de movimentação dos membros inferiores.....	22
Figura 4 - Grau de proximidade com conhecidos que possuam restrições na mobilidade dos membros inferiores. ....	22
Figura 5 - Reais motivos de imobilidade dos membros inferiores.....	23
Figura 6 - Proporção das idades de pessoas com limitações na mobilização dos membros inferiores.....	23
Figura 7 - Número de pessoas que tem algum conhecimento sobre exoesqueleto.....	24
Figura 8 - Opinião do público sobre os benefícios que o uso do equipamento pode trazer.....	24
Figura 9 - Valores aceitos pelo público para o equipamento proposto.....	25
Figura 10 - Exemplo de Matriz SWOT.....	28
Figura 11 - Fases da marcha humana.....	30
Figura 12 - Expansão/Contração do Músculo em função da força exercida.....	33
Figura 13 - Músculo Pneumático.....	33
Figura 14 – Músculo Pneumático Com Pregas .....	34
Figura 15 - Músculo Yarlott.....	35
Figura 16 - ROMAC versão comum (a) e versão miniatura (b).....	35
Figura 17 - Músculo Kukolj .....	36
Figura 18 - Músculo Hiperboloide Paynter.....	36
Figura 19 - Músculo Trançado .....	37
Figura 20 - Músculos Artificiais Pneumáticos .....	37
Figura 21 - Protótipo Elaborado no Programa SolidWorks® .....	39
Figura 22 - Simulação da Marcha Realizada pelo Protótipo.....	39

Figura 23 - Demonstrativo das forças atuantes .....	40
Figura 24 - Diagrama de corpos livres do pé, joelho e cintura.....	41
Figura 25 - Exemplo Polia fixa .....	46
Figura 26 - Roldanas moveis e fixas.....	46
Figura 27 - Músculo Tracionado com Carga de 10 kg .....	48
Figura 28 - Músculo Comprimido com Carga de 10 kg .....	49
Figura 29 - Circuito de Automação do Músculo Elaborado no Software Proteus: .....	50
Figura 30 - Rede PERT para análise de caminhos críticos. ....	53
Figura 31 - Gráfico de Gantt (Cronograma do projeto) e folgas .....	54
Figura 32 - <i>Layout</i> em células com fluxo de operações .....	56
Figura 33 - Mapa informativo da localização escolhida .....	58
Figura 34 - Planta baixa do galpão. ....	58
Figura 35 - Planta baixa salas administrativas .....	59
Figura 36 - Organograma .....	64
Figura 37 - Cintura – 2 peças com espessura de 0,9 cm .....	86
Figura 38 - Gancho lateral – 4 peças com espessura 0,9 cm.....	86
Figura 39 - Joelho – 6 peças com espessura 0,9 cm. ....	87
Figura 40 - Pé – 2 peças com espessura 0,9 cm. ....	87
Figura 41 - Roldana – 6 peças com espessura 0,9 cm. ....	88

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Definição da população a ser estudada.....	18
Tabela 2 - Composição da liga AA6351 .....	38
Tabela 3 - Tipo de alma .....	43
Tabela 4 - Pesos e Cargas de ruptura. ....	45
Tabela 5 - Relação de diâmetro de roldana por cabo. ....	47
Tabela 6 - Tabela de precedências imediatas .....	52
Tabela 7 - Determinação de famílias para <i>layout</i> celular. ....	56
Tabela 8 - Fatores para determinar localização .....	57
Tabela 9 - Determinação de local mediante cálculos de ponderação. ....	57
Tabela 10 - Custos referentes ao aluguel e IPTU do imóvel .....	59
Tabela 11 – Valores considerados para móveis .....	60
Tabela 12 - Tarifas para a cidade de Santos, segundo CPFL .....	60
Tabela 13 - Consumo Médio Mensal de Energia Elétrica .....	61
Tabela 14 - Tarifas utilizadas pela SABESP .....	61
Tabela 15 - Consumo estimado para o projeto .....	61
Tabela 16 - Valores totais para o consumo de água e tratamento de esgoto.....	62
Tabela 17 - Custo total estimado para os componentes .....	62
Tabela 18 - Custos mensais estimados na folha de pagamentos .....	63
Tabela 19 - Classificação de empresas .....	64
Tabela 20 - Custos fixos consolidados .....	66
Tabela 21 - Calculo de depreciação anual .....	67
Tabela 22 - Custos variáveis consolidados .....	67
Tabela 23 - Despesas definidas como operacionais.....	68
Tabela 24 - Despesas definidas como administrativas .....	68
Tabela 25 - Custo de mercadoria vendida anual .....	68

Tabela 26 - Itens previstos para investimento inicial.....	69
Tabela 27 – Demonstrativo de resultados considerando capital próprio .....	70
Tabela 28 - Fluxo de financiamento ao longo de 5 anos .....	71
Tabela 29 - Demonstrativo de resultados considerando capital de financiamento .....	71
Tabela 30 - Valores presentes líquidos obtidos para cada um dos cenários .....	72
Tabela 31 - Percentuais de retorno obtidos para cada um dos cenários.....	72
Tabela 32 - <i>Payback</i> descontado para o cenário de capital próprio.....	73
Tabela 33 - <i>Payback</i> descontado para o cenário financiamento.....	73

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	14
<b>1 OBJETIVO .....</b>	<b>17</b>
<b>2 CONCEITO DE PRODUTO E DE MERCADO .....</b>	<b>18</b>
2.1 IDENTIFICAÇÃO DO MERCADO CONSUMIDOR.....	18
2.2 PESQUISA DE MERCADO .....	18
<b>2.2.1 Metodologia.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.2 Amostra .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.3 Resultados .....</b>	<b>20</b>
2.3 ESTUDO DO MERCADO.....	25
<b>2.3.1 Demanda .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.2 Vantagem competitiva .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.3 Fatores ganhadores de pedido.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.4 Fatores qualificadores.....</b>	<b>27</b>
<b>3 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO .....</b>	<b>29</b>
3.1 CINESIOLOGIA .....	29
3.2 PNEUMÁTICA .....	30
<b>3.2.1 Atuadores pneumáticos .....</b>	<b>31</b>
<b>3.2.2 Considerações para escolha do atuador .....</b>	<b>31</b>
<b>3.2.3 Músculo artificial pneumático .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.4 Tipos de músculos .....</b>	<b>34</b>
3.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PRODUTO .....	37
<b>3.3.1 Estrutural.....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.2 Desenho técnico.....</b>	<b>38</b>
<b>3.3.3 Cálculo das forças atuantes no produto .....</b>	<b>39</b>
<b>3.3.4 Componentes.....</b>	<b>42</b>
<b>3.3.5 Circuito de automação do músculo .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3.6 Programação .....</b>	<b>50</b>
<b>4 PROJETO DA FÁBRICA .....</b>	<b>51</b>
4.1 LAYOUT DA FÁBRICA .....	51
<b>4.1.1 Rede pert e o caminho crítico .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1.2 Balanceamento de linha .....</b>	<b>54</b>
<b>4.1.3 Tipo de layout.....</b>	<b>55</b>
4.2 LOCALIZAÇÃO DA EMPRESA .....	56
4.3 CUSTOS DE PRODUÇÃO.....	59

4.4	CUSTO DO LOCAL.....	59
4.4.1	Custo de transporte.....	60
4.4.2	Custo de energia elétrica.....	60
4.4.3	Custo com consumo de água e tratamento de esgoto.....	61
4.4.4	Custo com componentes .....	62
4.4.5	Custo com habilidades e mão-de-obra .....	63
5	ESTRUTURA ORGANIZACIONAL .....	63
5.1	CENTRAL DE CUSTOS .....	63
5.2	ORGANOGRAMA.....	64
6	VIABILIDADE ECONÔMICA.....	64
6.1	ENQUADRAMENTO .....	64
6.2	CLASSIFICAÇÃO TRIBUTÁRIA .....	65
6.2.1	Detalhamento de alíquotas .....	66
6.2.3	Custos variáveis .....	66
6.3	CENÁRIOS .....	67
6.3.1	Investimento inicial.....	69
6.3.2	Capital próprio .....	70
6.3.3	Capital de investimento .....	70
6.4	RESULTADOS .....	71
7	CONCLUSÃO.....	74
8	MELHORIAS FUTURAS .....	76
9	BIBLIOGRAFIA.....	78
	APÊNDICE A – FORMULÁRIO (PESQUISA DE MERCADO) .....	85
	APÊNDICE B – PEÇAS DO EXOESQUELETO EM FORMATO CAD .....	86
	APÊNDICE C – PROGRAMAÇÃO EM SOFTWARE ARDUINO .....	89
	APÊNDICE D – DEMONSTRATIVO DE RESULTADOS MENSAL (CENÁRIO 1).....	92
	APÊNDICE E – DEMONSTRATIVO DE RESULTADOS MENSAL (CENÁRIO 2).....	95

## INTRODUÇÃO

Estudos como do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) levantam dados sobre o cenário de deficientes físicos no Brasil. No ano 2000 o número de deficientes era aproximadamente 1 milhão de pessoas, mas o número de paraplégicos não foi divulgado (IBGE, 2010). Esse fato chamou a atenção de órgãos governamentais para a necessidade de implantar meios de acessibilidade e reabilitação destas pessoas.

Ainda de acordo com o IBGE (2010), o censo demográfico de 2010, no Brasil, aproximadamente 5% de toda população possui alguma dificuldade motora, sendo que aproximadamente 12,5% destes possuem um grau maior de dificuldade ou não conseguem se mover de modo algum. (IBGE, 2010).

Estas dificuldades motoras podem ser causadas por diversas razões, tais como, lesões no joelho, inflamações nas articulações, lesões neurológicas, déficit mental, entre outros fatores. A falta de tratamentos de reabilitação pode acarretar danos graves ao paciente, como úlceras de pressão e deformidades osteoarticulares, estando o paciente sujeito a transtornos psicológicos e emocionais, o que dificulta ainda mais a participação do mesmo em programas de reabilitação (MUTTI *apud* SANTOS, 2011).

Além dessas ferramentas, ainda assim notou-se a necessidade de desenvolver tecnologias que ajudem a melhorar esse cenário. Diversas são as frentes de pesquisas para melhorar a qualidade de vida destes que sofrem com a falta de mobilidade e autonomia de se locomover (MUTTI *apud* SANTOS, 2011).

Caso os paraplégicos ficassem em pé e andassem, estes teriam enormes benefícios físicos, como, por exemplo, auxílio nas funções renal e intestinal, redução de escaras, redução de contraturas e prevenção da osteoporose (MOORE *apud* SANTOS, 2011).

A fisioterapia é o principal tratamento de reabilitação além de ser de extrema importância, pois possibilita o retorno ao convívio social. O objetivo é trabalhar técnicas de relaxamento, alongamento e fortalecimento dos membros necessários, movimentando as articulações e fortalecendo a musculatura. Para este tipo de tratamento podem ser utilizados dispositivos médicos que visam suprir as necessidades de cada deficiência física, seja na recuperação ou na própria utilização do membro em questão. As próteses e órteses são bons exemplos disto.

Próteses são umas das ferramentas utilizadas no processo de reabilitação e tem por finalidade suprir limitações de mobilidade. Estas são impostas a indivíduos com capacidades

limitadas, seja por amputações, traumas ou doenças. Elas podem ser do tipo fixa, como um implante dentário que não é removido casualmente, ou móvel, como um braço mecânico, podendo ser acoplado e desacoplado quando necessário.

Já as órteses têm por designo o auxílio na recuperação da função do indivíduo, atuando como um aparelho externo ao corpo para ajustar o funcionamento do sistema nervoso e musculoesquelético. Ou seja, estas não substituem a ação de nenhum dos membros do corpo, somente dão suporte nas dificuldades do membro deficiente, podendo agir na imobilização, mobilização, correção, estabilização e alívio deste.

Como afirma MORAES (2017), o tratamento fisioterápico deve ser incentivado devido aos diversos benefícios que pode trazer, tais como:

- reversão parcial ou total da situação motora do paciente (quando possível);
- utilização do potencial funcional do paciente para movimentos alternativos, visando sua independência.
- melhoria na circulação sanguínea nos membros;
- aumento de flexibilidade e resistência dos membros;
- aumento de mobilidade das articulações;
- melhoria da performance funcional dos membros;
- aumento de ativação neural;
- melhoria de autoestima e questões psicológicas.

“Os benefícios da fisioterapia em vítimas desses traumatismos vão muito além da melhora da força, resistência e coordenação. Problemas como depressão e isolamento social, ao longo do tempo têm sido reduzidos de forma relevante. Devemos incentivar a prática da terapia física, na busca não só do limite permitido pela extensão da lesão, mas para a melhora da qualidade de vida e da independência funcional do paciente”. (MORAES, 2017).

Visando uma forma de otimizar o tratamento de recuperação dos pacientes, algumas empresas estão explorando meios alternativos envolvendo a fisioterapia com equipamentos automatizados.

O exoesqueleto, como exemplo destes equipamentos, é um equipamento automatizado que substitui ou diminui os esforços exercidos pelos músculos, podendo aumentar o desempenho de um humano na atividade em questão. Este já é estudado para utilização em operários de indústrias que exercem grandes esforços, meios e até mesmo em tratamentos

fisioterápicos. Isto porque pode auxiliar na reabilitação do paciente, uma vez que atua como as próprias pernas, braços ou mãos do usuário. Semelhante à ideia de um exoesqueleto natural desenvolveu-se o traje robótico: uma espécie de “armadura” tecnológica, que visa devolver a possibilidade de movimento a quem já a perdeu (por exemplo, paraplégicos). (TONELLI *et al*, 2014)

Parcerias estão sendo feitas entre empresas para desenvolver e utilizar esses exoesqueletos. A Ford que é uma empresa mundialmente conhecida com fábricas espalhadas pelo mundo todo, iniciou testes em 2018 em um dispositivo desenvolvido pela Ekso Bionics. Duas de suas plantas nos EUA adotaram este equipamento que assemelha-se à uma vestimenta robótica para teste, nomeado de “Ekso Vest”, este pode ser utilizado para reduzir o desgaste físico dos trabalhadores durante seu período de trabalho. Ambas as empresas têm planos para estender essa parceria para outras regiões como Europa e América do Sul, visto que, segundo a Ford, de 2005 para cá tem se reduzido os incidentes responsáveis por afastar funcionários das fábricas norte-americanas em 83% (REVISTA AUTOESPORTE, 2017).

O modelo Lokomat, fabricado pela empresa Hocoma, é um dos exemplos de modelos utilizados para tratamentos fisioterápicos, o mesmo permite exercitar os músculos do membro inferior de maneira mais intensiva e efetiva, quando comparado ao tratamento convencional (HOCOMA, 2010). O resultado alcançado nas pesquisas, indica que o treinamento passo a passo repetitivo (muito utilizado em ambientes assistidos por exoesqueletos) melhora a redução do comprometimento motor e limitações funcionais em alguns pacientes. De acordo com JOHNSON (2006), ambientes de terapia assistida por automações robotizadas para membros inferiores, obtiveram maior taxa de sucesso no processo de reabilitação.

A cinesiologia, estudo do movimento do corpo humano, é o princípio de funcionamento destes equipamentos que podem ser feitos de alumínio e titânio, envolvendo o corpo do paciente, assim dando suporte para que as musculaturas efetuem o movimento sem exercer muito esforço, conseqüentemente ajudando-as a funcionar novamente.

No presente trabalho, foram apresentados materiais, projeto, meios de aplicação e estudos de mercado a fim de identificar os consumidores, bem como o público-alvo para a aplicação deste exoesqueleto. Com a pesquisa concluída, foi possível elaborar o plano de investimento dos possíveis consumidores do produto, demonstrando os resultados obtidos na conclusão do trabalho.

## **1 OBJETIVO**

Levando em consideração o percentual significativo da população com dificuldades motoras, o presente trabalho visa desenvolver um projeto de um exoesqueleto destinado a reabilitação do membro inferior, especificamente aos que já tiveram controle dos movimentos nestes membros. Para isto, o mesmo simulará o movimento da marcha humana, exercendo o esforço pelos membros danificados e assim auxiliando no processo de reabilitação dos mesmos através da repetição de movimentos.

## 2 CONCEITO DE PRODUTO E DE MERCADO

Para a implementação de um novo produto para consumo é necessário efetuar um estudo sobre quais consumidores serão beneficiados, em qual mercado o produto atuará e como o produto se apresentará para esse público.

Essas informações devem ser coletadas por uma pesquisa exploratória prévia dos potenciais consumidores, a fim de mapear aspectos relevantes e determinantes sobre o desenvolvimento do projeto.

### 2.1 IDENTIFICAÇÃO DO MERCADO CONSUMIDOR

O mercado consumidor segmenta e especifica quem é o consumidor do produto comercializado. Neste trabalho, o intuito de identificar o mercado consumidor é entender as restrições, visto a complexidade de cenário o qual o produto será utilizado e também verificar se o projeto atende às expectativas de funcionamento e características inerentes aos usuários.

### 2.2 PESQUISA DE MERCADO

Segundo FARBER (2010), a pesquisa de mercado analisa o interesse do público-alvo (população com perfil de potencial consumidor do produto em questão) sobre o produto/serviço.

Para a realização da pesquisa de mercado foram coletados dados do IBGE (2010) sobre o número de pessoas que tem alguma dificuldade de locomoção, muita dificuldade de locomoção ou não conseguem se locomover de forma alguma, conforme a Tabela 1:

Cidade	População (Censo 2010)	População com dificuldade para andar em qualquer circunstância - TOTAL
Bertioga	47.645	3228
Cubatão	118.720	8043
Guarujá	290.752	17.306
Itanhaém	87.057	5898
Mongaguá	46.293	3136
Peruíbe	59.773	4049
Praia Grande	262.051	19.236
Santos	419.400	30.403
São Vicente	332.445	21.799
SOMATÓRIA	1.664.136	113.098

**Tabela 1 - Definição da população a ser estudada (Fonte: IBGE, 2010)**

### 2.2.1 Metodologia

Uma pesquisa de mercado é realizada com ferramentas que facilitam a coleta de dados, através de respostas da população analisada (SEBRAE, 2018). As ferramentas escolhidas para desenvolvimento dessa pesquisa foram os questionários, sendo os virtuais distribuídos por meio de redes sociais, bancos de dados, entre outros; e os físicos distribuídos em clínicas de fisioterapia da Baixada Santista. Os questionários foram compostos com 10 perguntas objetivas.

Estes visam dimensionar o mercado, identificar o segmento, avaliar a aceitação do produto, identificar a quantidade ou volume que o mercado é capaz de consumir e a que preço esse produto poderá ser vendido (SEBRAE, 2018).

### 2.2.2 Amostra

A pesquisa de mercado é feita de forma amostral para que seja possível identificar o comportamento da população estudada (público-alvo) com relação ao produto, ou serviço, pesquisado.

A população pode ser finita ou infinita, cujas próprias nomenclaturas já explicam: em casos de população finita, a população é conhecida, e nos casos das infinitas, a população é desconhecida. No caso deste trabalho, a população é infinita e a amostra, que será usada para a execução da pesquisa, é determinada, segundo LEVINE *et al*, 2000, pela expressão matemática (1):

$$n = \frac{Z\alpha^2 \cdot p \cdot q}{E^2} \quad (1)$$

sendo:

$n$  = Número de indivíduos na amostra;

$Z\alpha$  = Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;

$p$  = Proporção populacional de indivíduos que pertence a categoria de interesse;

$q$  = Proporção populacional de indivíduos que NÃO pertence à categoria de interesse ( $q = 1 - p$ );

$E$  = Margem de erro ou erro máximo de estimativa.

Os valores considerados para  $p$  e  $q$ , foi de 0,5 cada, por serem desconhecidos (LEVINE *et al*, 2000), e margem de erro de 0,03 (considerado um valor confiável para a maioria dos autores). O grau de confiança considerado foi ( $Z\alpha = 1,96$ ) de 95 %.

Portanto, aplicando os dados mencionados na expressão 1, foi encontrado o número aproximado de 1.068 pessoas necessárias a serem entrevistadas.

Por fim, a determinação do tamanho de uma amostra é problema de grande importância, porque:

- Amostras desnecessariamente grande acarretam desperdício de tempo e de dinheiro;
- E amostras excessivamente pequenas podem levar a resultados não confiáveis (LEVINE *et al*, 2000).

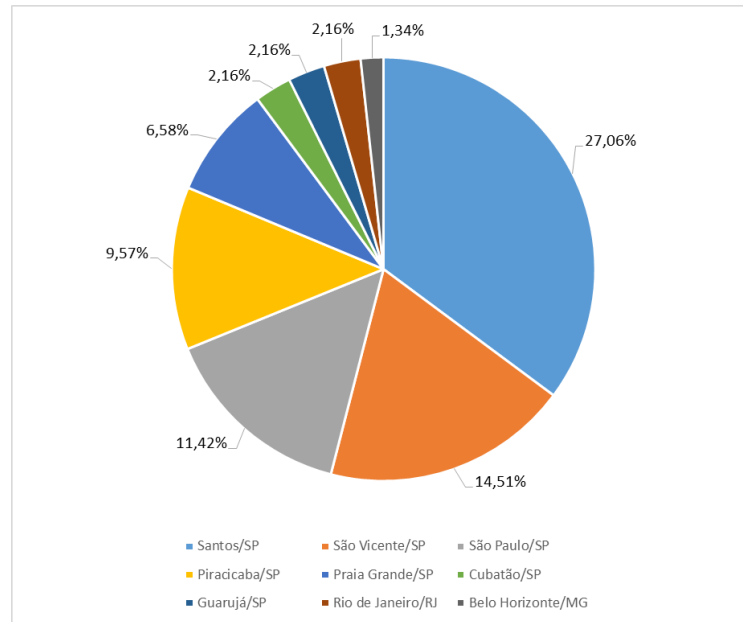
### 2.2.3 Resultados

Após o levantamento de dados feito pelo questionário que é encontrado no apêndice A, foi possível obter a opinião do público com relação a diversos pontos sobre o produto, objeto desse trabalho.

É importante ressaltar que foram entrevistadas 977 pessoas, de 139 cidades, sendo algumas fora das restrições determinadas ao público-alvo (não possuíam limitações de mobilidade e nem conheciam alguém que tenha e também não faziam parte dos residentes da Baixada Santista), portanto, obriga ao recálculo da margem de erro da amostra utilizada. Assim, a margem de erro real, de acordo com a Expressão 2, é de 0,0442 (4,42%), aproximadamente.

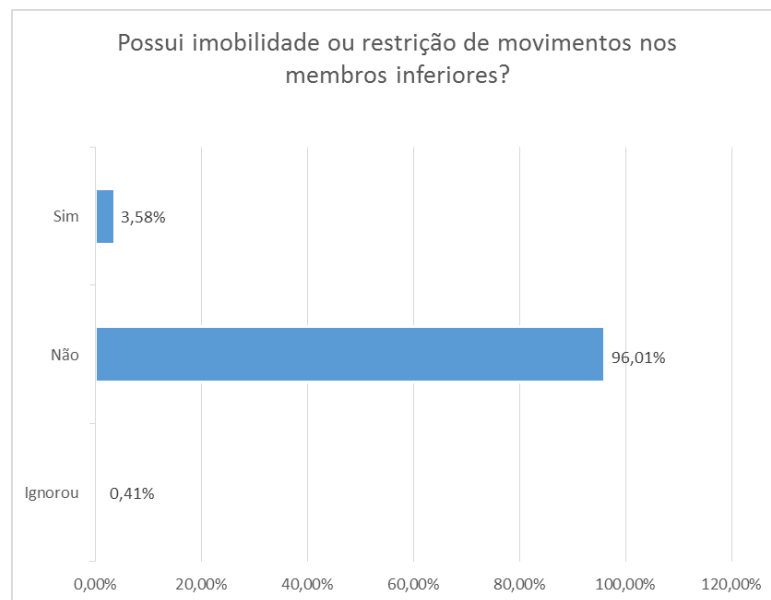
$$E = Z\alpha \sqrt{\frac{p \cdot q}{n}} \quad (2)$$

Com relação município de residência, é possível observar, pela figura 1 que 27,06% dos entrevistados residem na cidade de Santos.



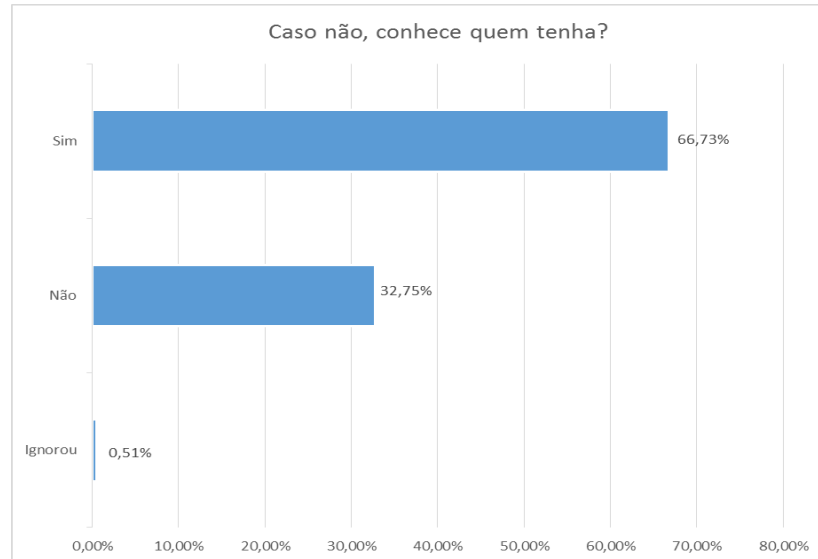
**Figura 1 - Cidades com mais respostas. (Fonte: Aatoria Própria, 2018)**

Após questionar o público sobre localidade, também foram coletadas respostas sobre a mobilidade. Aproximadamente 96% respondeu que não possui restrições de movimentos nos membros inferiores e 4% respondeu que possui restrições para a movimentação destes membros.



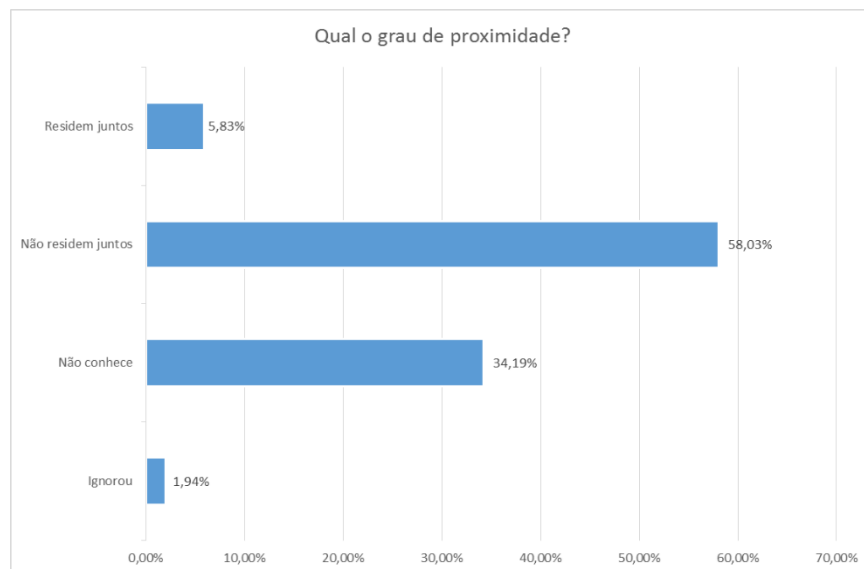
**Figura 2 - Proporção de entrevistados que possuem imobilidade ou restrição de movimentos nos membros inferiores. (Fonte: Aatoria Própria, 2018)**

Apesar do baixo número de entrevistados com este tipo de dificuldade de movimentação, um grande número (quase 67%) respondeu conhecer pessoas com limitações na movimentação de membros inferiores.



**Figura 3 - Proporção de entrevistados que conhecem alguém com limitações de movimentação dos membros inferiores. (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

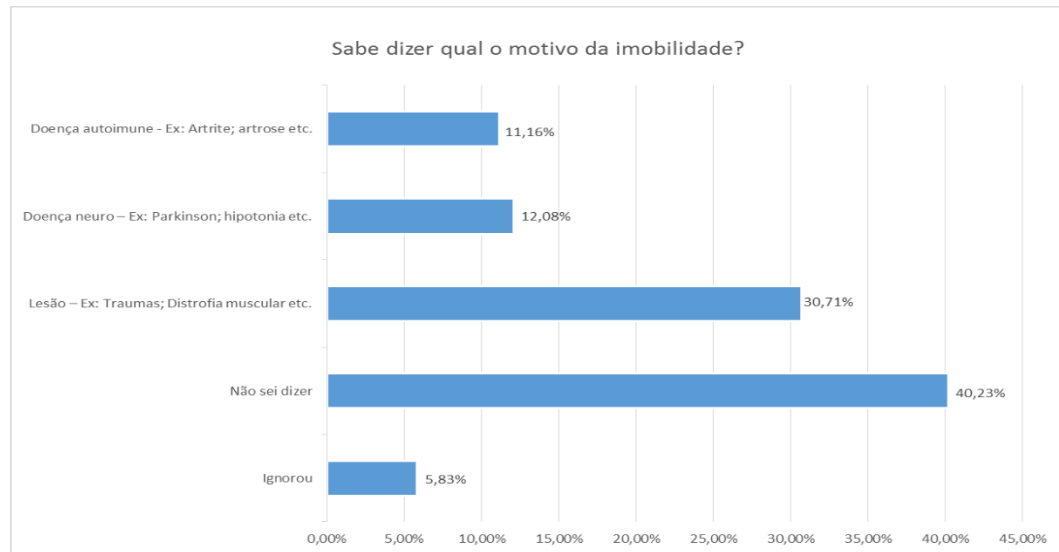
Porém, mesmo a maioria respondendo conhecer pessoas com este tipo de dificuldade, há uma minoria (quase 6%) dos entrevistados que possuem proximidade de nosso público alvo.



**Figura 4 - Grau de proximidade com conhecidos que possuam restrições na mobilidade dos membros inferiores. (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

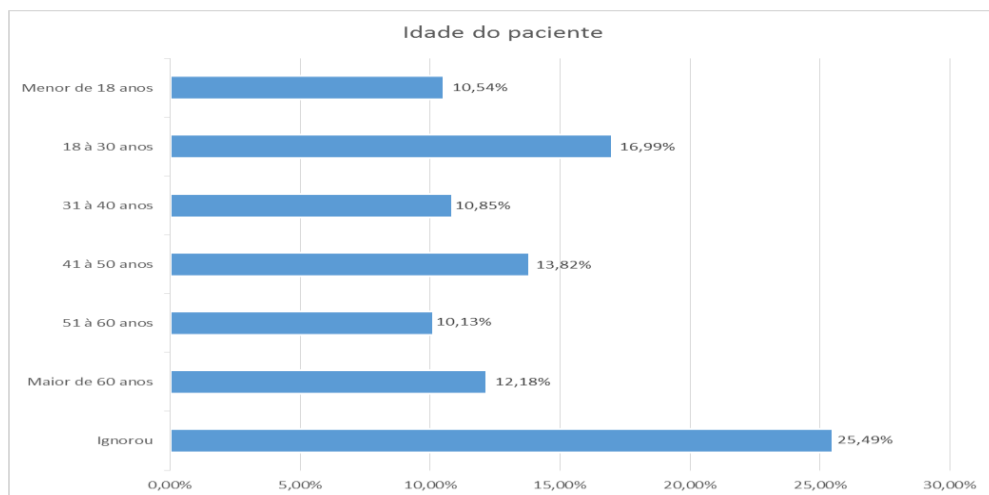
Visto isto, é compreensível que aproximadamente 40% dos entrevistados não saibam o motivo da imobilidade de seus conhecidos. Além disso, dentre os que conhecem os motivos, é

notável a discrepância do motivo “lesão” comparada com os outros motivos (doenças neurológicas e doenças autoimunes).



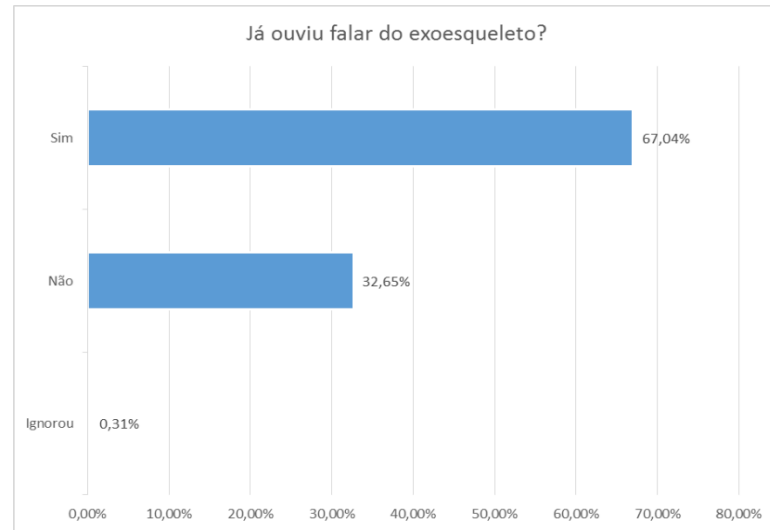
**Figura 5 - Reais motivos de imobilidade dos membros inferiores. (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

De acordo as respostas obtidas, a maior parte das pessoas afetadas por qualquer tipo de dificuldade de movimento, encontra-se entre 18 e 30 anos (quase 17%) e também entre 41 e 50 anos de idade (13,82%).



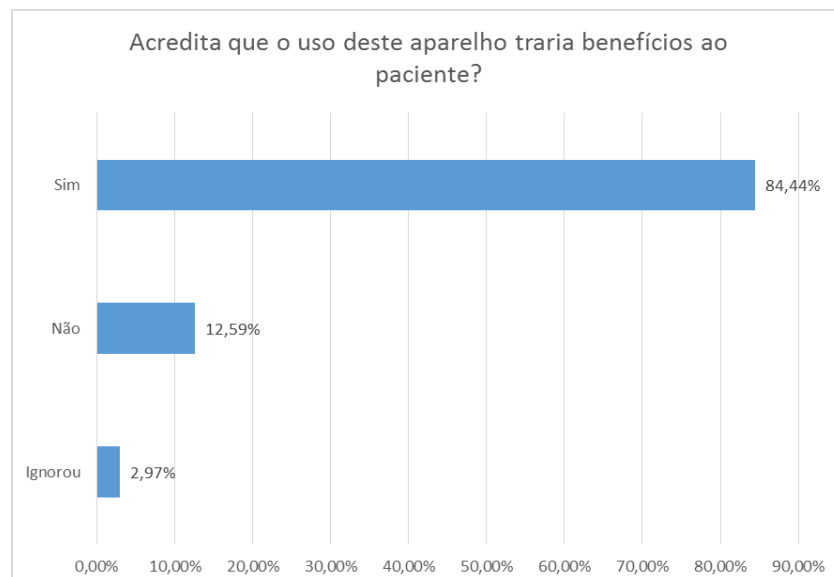
**Figura 6 - Proporção das idades de pessoas com limitações na mobilização dos membros inferiores. (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Após entender as características do público alvo, o equipamento em questão é apresentado com uma breve explicação de sua funcionalidade. Uma maioria de aproximadamente 67% já ouviu algo sobre este tipo de equipamento.



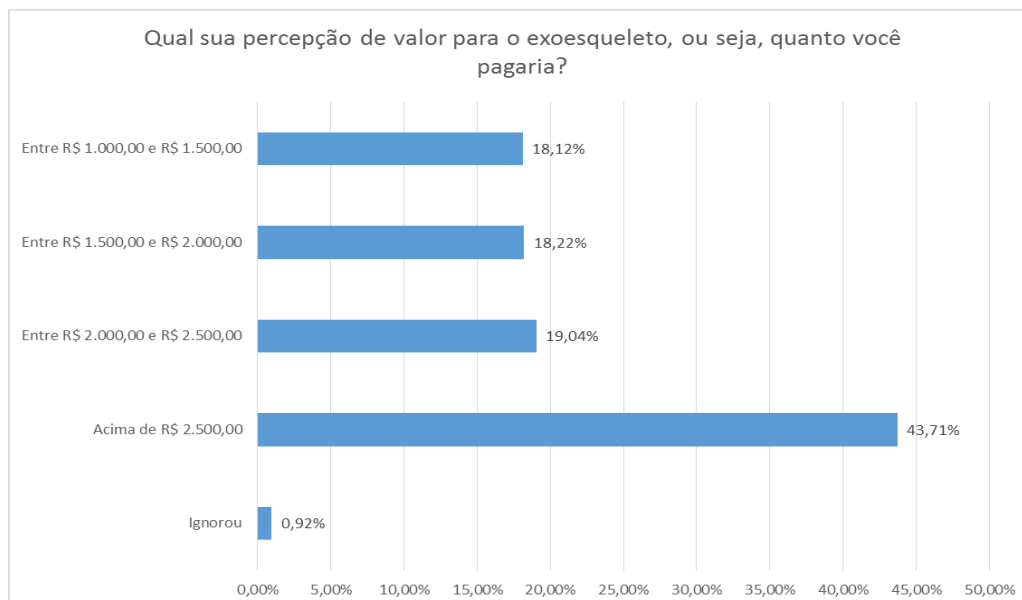
**Figura 7 - Número de pessoas que tem algum conhecimento sobre exoesqueleto. (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

É possível notar que o percentual de pessoas que acreditam que este equipamento pode trazer benefícios é muito grande (aproximadamente 84%), ou seja, até os entrevistados que não tinham conhecimento sobre o exoesqueleto, muitos encontraram benefícios em sua utilização após uma breve explicação. De acordo com o conjunto de respostas, a maioria dos benefícios apresentados pelos entrevistados gira em torno do aumento da independência do usuário, melhoria de mobilidade e de sua qualidade de vida.



**Figura 8 - Opinião do público sobre os benefícios que o uso do equipamento pode trazer. (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Por último, foi questionada a percepção de valor (ou o quanto estariam dispostos a pagar pelo produto). De acordo com as repostas, aproximadamente 43% dos entrevistados estão dispostos a pagar um valor acima de R\$ 2.500,00 (dois mil e quinhentos reais).



**Figura 9 - Valores aceitos pelo público para o equipamento proposto. (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

## 2.3 ESTUDO DO MERCADO

Em um estudo de mercado, que nada mais é do que a continuação do estudo iniciado na pesquisa de mercado, o foco é uma análise mais profunda do que está acontecendo dentro do nicho que a organização está inserida. Nessa etapa as pessoas costumam ter ideias melhor estruturadas sobre os negócios e, a partir delas, é feita uma análise aprofundada de diversas variáveis. (XAVIER, 2016)

### 2.3.1 Demanda

A pesquisa qualitativa (Apêndice A), indica diretamente a aceitação do produto na Baixada Santista, indicando a intenção de compra dos entrevistados. Em base das respostas foi possível calcular a demanda de produção.

Para calcular a demanda inicial, os fatores considerados são: o valor aceito pela maioria dos entrevistados foi acima de R\$ 2.500,00 (43,71%), a aceitação do produto quanto aos benefícios no tratamento (84,44%), a aceitação do produto para quem não tem restrição dos movimentos dos membros inferiores, mas conhece quem tenha (66,74% respectivamente), o grau de proximidade para os que conhecem (63,87%), público-alvo com idade acima de 18 anos (63,97%), equivalência de pessoas entrevistadas residentes na Baixada Santista (52,47%) e a

somatória da população da Baixada Santista que tem alguma dificuldade permanente de caminhar ou de subir degraus, que tem grande dificuldade permanente de caminhar ou de subir degraus e população residente que não consegue caminhar ou subir degraus de modo algum (dificuldade permanente), segundo o IBGE (2010) – 113.098 pessoas.

O cálculo de demanda pode ser exemplificado por meio da expressão (3), conforme orientado pelo professor orientador Dr. José Carlos Morilla, considerando os fatores citados:

$$Demanda = P.(\%A.\%B.\%I.\%G.\%P.\sum\%!)$$
(3)

sendo:

*P* – População residente com alguma, muita dificuldade permanente de caminhar ou subir degraus e que não o fazem de modo algum;

*%A* - Porcentagem do valor com maior aceitação do produto;

*%B* – Porcentagem de aceitação dos benefícios;

*%I* – Porcentagem do público maior de 18 anos;

*%G* – Porcentagem de pessoas que não tenha imobilidade, mas são próximos de quem tenha;

*%P* - Porcentagem de pessoas que não tem imobilidade, mas conhece quem tenha;

$\sum\%! –$  Somatória das porcentagens de respostas das cidades da Baixada Santista.

A resultante da demanda se deu em aproximadamente 5.973 unidades a serem produzidas num período de 5 anos, sendo aproximadamente 1.195 unidades por ano e aproximadamente 100 unidades por mês.

### 2.3.2 Vantagem competitiva

Segundo PORTER *apud* TOMBA *et al* (2015), uma empresa deve definir as ações defensivas e ofensivas para criar uma posição vantajosa para a organização e, para isso, são apresentadas três estratégias competitivas genéricas:

- Liderança no custo total: seu objetivo é uma maior participação no mercado a partir de uma redução de custos em relação aos concorrentes. Ela cria uma maior flexibilidade para a empresa, melhorando seu poder de negociação e podendo proporcionar uma alta em sua margem de lucros;

- Diferenciação: proporciona a vantagem competitiva, pois estimula a lealdade de seus clientes através da oferta de serviços e produtos com a qualidade desejada por seus

consumidores além de disponibilizar características diferenciadas dos produtos já existentes no mercado;

- Enfoque: esta estratégia visa o direcionamento dos esforços para nichos especializados do mercado. Refere-se a uma abordagem da liderança de custo ou diferenciação em ambiente competitivo específico.

### **2.3.3 Fatores ganhadores de pedido**

São fatores que influenciam diretamente na estratégia de vendas de um produto. Baseado na pesquisa de mercado pode-se concluir que os fatores ganhadores de pedido são: valor comercializado mais acessível dos que os existentes no mercado, benefícios para a reabilitação dos pacientes e atender pacientes acima de 18 anos.

### **2.3.4 Fatores qualificadores**

Não influenciam diretamente na tomada de decisão, mas visam o desempenho da produção para que os clientes o identifiquem como potencial fornecedor. A intenção é estar acima de um determinado nível de qualificação para que isso ocorra. (FUSCO E SACOMANO *apud* TOMBA *et al*, 2015)

#### **2.3.4.1 Análise Swot**

“A análise SWOT estuda a competitividade de uma organização segundo quatro variáveis: *Strengths* (Forças), *Weaknesses* (Fraquezas), *Oportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças).” (RODRIGUES, *et al apud* SILVA *et al*, 2018)

Através destas quatro variáveis, são feitas as análises das forças e fraquezas da empresa, das oportunidades e ameaças (oriundas do meio em que a empresa atua). Quando os pontos fortes estão alinhados com os fatores críticos de sucesso, pode-se dizer que há grandes chances de potencializar as oportunidades de mercado e a empresa será competitiva a longo prazo (RODRIGUES, *et al apud* SILVA *et al*, 2018).

A análise da Matriz SWOT é uma ferramenta importantíssima, pois, através dela, consegue-se ter uma visão clara e objetiva sobre quais são pontos a serem melhorados, pontos a serem explorados, as oportunidades e ameaças no ambiente externo, entre outras discussões, as quais os gerentes conseguem elaborar estratégias para obter vantagem competitiva e melhorar o desempenho organizacional.



Figura 10 - Exemplo de Matriz SWOT. (CASAROTTO, 2018)

A partir dessa esquemática ilustrativa, pode-se construir uma correspondente a este projeto, analisando as quatro variáveis:

FORÇAS	FRAQUEZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Acessibilidade para aquisição;</li> <li>-Valor de mercado abaixo dos concorrentes;</li> <li>-Tecnologia aplicada;</li> <li>-Otimização do processo fisioterápico;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Necessidade de aquisição de um compressor de ar;</li> <li>-Apenas previsão de demanda, visto que é um produto relativamente novo no mercado;</li> <li>-Durabilidade do músculo pneumático desconhecido;</li> <li>-Capacidade limitada de carga;</li> <li>-Baixa divulgação do produto atualmente;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Falta de similares nacionais;</li> <li>-Parcerias com clínicas fisioterápicas e planos de saúde;</li> <li>-Aplicável em outros segmentos (fora da saúde);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Possibilidade de fabricação por concorrentes;</li> <li>- Legislação;</li> </ul>
Oportunidades	Ameaças

Quadro 1 - Análise do Projeto. (Fonte: Autoria Própria, 2018)

A estratégia de comercialização do produto é enfoque em marketing e divulgação do custo/benefício para absorção do público quanto à qualidade do produto, características positivas e otimização do processo fisioterápico.

### **3 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**

O desenvolvimento de produto envolve todo o estudo e a elaboração operacional, tática e estratégica, o que tange materiais e/ou componentes, montagem, funcionamento, eficiência, durabilidade, estética entre outros pontos muito importantes para a introdução ao mercado.

#### **3.1 CINESIOLOGIA**

Cinesiologia pode ser definida como o estudo do movimento humano e é de extrema importância para o desenvolvimento deste trabalho, visto que o objetivo do produto é simular a marcha humana para os pacientes que ainda não o possam fazer sozinhos.

“A marcha humana é caracterização mecânica e funcional da habilidade de locomoção que permite deslocamento pelo espaço terrestre com maior coordenação e eficiência.” (SACCO, 2013)

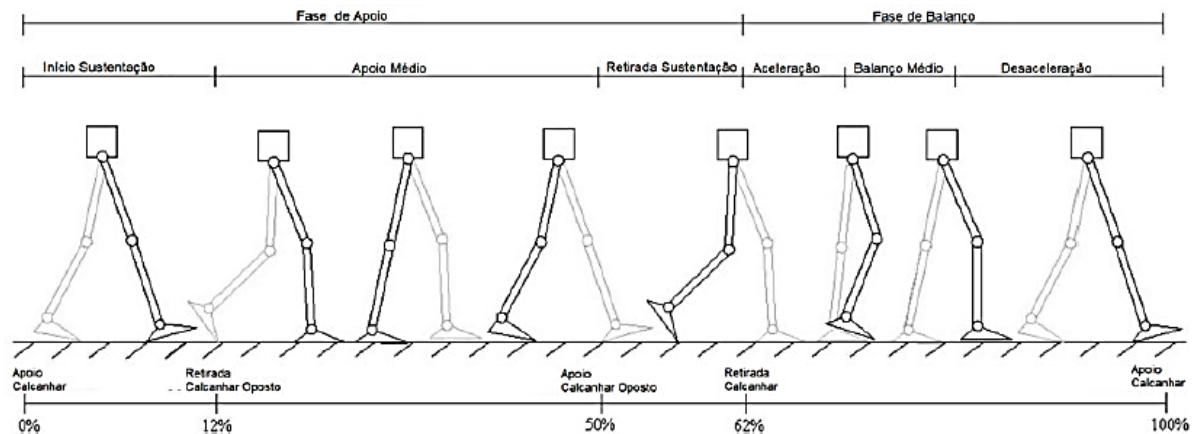
Pode ser dividida em duas fases: apoio e balanço. A fase de apoio começa com o calcanhar no solo e termina quando o pé não está mais no solo, desse momento até o apoio novamente do calcanhar, tem-se a fase que pode ser denominada de balanço. (SACCO, 2013)

A fase de apoio pode ainda ser nomeada em três etapas, sendo elas: início e sustentação, apoio médio e retirada da sustentação (DOLLAR e HERR *apud* SANTOS, 2011).

“A etapa de início e sustentação compreende o período em que os dois pés estão em contato com o solo. A etapa de apoio médio consiste no período em que apenas um pé está em contato com o solo. A etapa de retirada de sustentação consiste na transição entre as fases, ou seja, na retirada do calcanhar do solo, nota-se que nessa etapa os dois pés também estão em contato ao solo.” (DOLLAR e HERR *apud* SANTOS, 2011)

A fase de balanço também pode ser dividida em outras três etapas: aceleração, balanço médio e desaceleração:

“Na aceleração ocorre a retirada da perna do solo e começa o movimento de balanço. O balanço médio consiste no movimento da perna em velocidade uniforme e a desaceleração é a fase quando diminui a velocidade da perna para o contato no solo. A fase de apoio representa 62% da marcha, enquanto a fase de balanço representa 38%.” (DOLLAR e HERR *apud* SANTOS, 2011)



**Figura 11 - Fases da marcha humana (DOLLAR e HERR *apud* SANTOS, 2011)**

### 3.2 PNEUMÁTICA

Segundo MORGADO JUNIOR (2011), no final do século XVI, através de Galileu, a pneumática propriamente dita teria surgido, tendo começado a fazer parte das indústrias apenas na Revolução Industrial, onde sua importância teria sido exposta através dos benefícios que a mesma trazia, sendo eles: o custo benefício, em que podemos ter uma melhoria em determinado sistema usando de baixo custo de implementação e de manutenção da mesma; Velocidade de resposta, sendo este na área de trabalho aumentando o ritmo, como também a própria velocidade do maquinário utilizado; e eficiência maquinária, tendo uma concentração baixíssima de umidade, corrosão, poeira e interferências por vibração.

Atualmente, a pneumática tem um papel importante nas indústrias com sua utilização em conjunto com a robótica. Robô, por sua vez, tem sua origem da palavra checa “robot”, que significa “trabalho forçado”. É pelo matemático grego Arquitas de Tarento que têm-se os primeiros registros do uso dessa palavra datados de 350 a.C., por sua criação do pássaro mecânico conhecido como “O Pombo”, movido a vapor e jatos de ar comprimido (SANTOS, 2014).

Nos dias de hoje, os processos tecnológico e industrial estão muito mais avançados, o que permite projetos por ar comprimido com elevados graus de eficiência. Alguns dos exemplos do uso da pneumática (SILVA, 2011) são:

- Prensas pneumáticas;
- Freios de caminhão;
- Dispositivos de fixação de peças em máquinas;

- Acionamento de portas de ônibus urbanos, trens ou metrô;
- Sistemas automatizados;
- Robôs industriais com aplicações que não exijam precisão;
- Brocas de dentistas;

### **3.2.1 Atuadores pneumáticos**

Segundo FIALHO (2003), “atuadores pneumáticos são elementos mecânicos que, por meio de movimentos lineares ou rotativos, transformam a energia cinética gerada pelo ar pressurizado e em expansão, em energia mecânica, produzindo trabalho”.

O ar pressurizado, ou “ar comprimido”, nada mais é, segundo (SILVA, 2011), do que o “(..) ar atmosférico condensado, que possui energia de pressão armazenada e portanto está em condição de realizar trabalho. Durante a compressão se produz calor. Quando o ar comprimido se expande, ocorre um resfriamento.”

Os atuadores pneumáticos são regidos por normas internacionais, dentre elas estão:

- ISO 6431 e 6432. Definem as características do conjunto de um cilindro equipado com as suas fixações (ASCONUMATICS).
- VDMA 24562 (Alemanha) e NF E 49003.1 (França). Definem todas as cotas exteriores de um cilindro isolado e demais fixações (ASCONUMATICS).

### **3.2.2 Considerações para escolha do atuador**

RAMOS (2013) relata as principais dificuldades de construção de exoesqueletos, que são as mesmas para todos os sistemas, independente do design ou do controle. Parte delas está relacionada com as características do atuador:

- A relação entre o peso e a potência deve ser, no mínimo, maior ou igual à do usuário, para que seja justificado o uso do projeto.
- O posicionamento, atuando – em alguns casos – apenas nos graus de liberdade necessários para realizar as tarefas propostas.
- O conforto do movimento, que deve ser o mais natural possível
- Peso, de forma que seja resistente para suportar a carga proposta e leve para não sobrecarregar o usuário.
- Segurança

### 3.2.3 Músculo artificial pneumático

Dentre os tipos de atuadores existentes, o presente trabalho concentra-se no músculo artificial pneumático conhecido, em inglês, pela sigla PAM (*Pneumatic Artificial Muscle*).

O músculo já ficou conhecido na literatura por diversos outros nomes (SCOFANO, 2006), dentre eles:

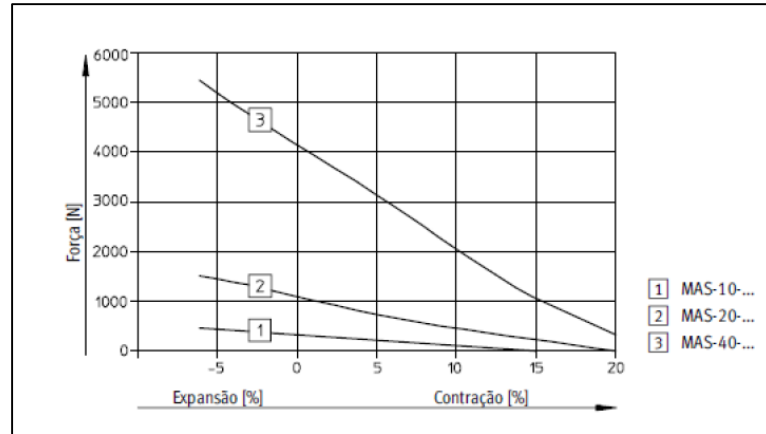
- *Pneumatic Muscle Actuator* (Caldwell, 1993)
- *Fluid Actuator* (Yarlott, 1972)
- *Fluid-Driven Tension Actuator* (Paynter, 1988)
- *Axially Contractible Actuator* (Immega & Kukolj, 1990; Kukolj 1988)
- *Tension Actuator* (Immega, 1989; Paynter, 1988)

#### 3.2.3.1 Características

Desenvolvidos para reproduzir o comportamento dos músculos presentes em seres vivos, os PAMs trabalham como atuadores simples, leves e com alta capacidade de carga - que chega a ser dez vezes maior que a de um cilindro de mesmo diâmetro -, além disso não sofrem atrito durante a atuação. Suas principais vantagens vão desde a ótima razão entre a potência e o peso (ou tamanho), quando comparado aos atuadores convencionais, até suas características físicas como simplicidade e flexibilidade (RAMOS, 2013).

MORGADO JUNIOR (2011) descreve os PAMs como atuadores pneumáticos de movimentação linear e seu manuseio se faz através da diferença de pressão interna. Quando pressurizado, o tubo interno do músculo sofre uma contração das fibras, resultando na diminuição de seu comprimento no sentido axial.

Ainda de acordo com MORGADO JUNIOR (2011), a força de tração do músculo apresenta o valor máximo no começo da contração e decresce linearmente até zero. A figura 12 apresenta o comportamento da força, expansão e contração de três músculos da empresa Festo, são eles: MAS-10, MAS-20 e MAS-40.



**Figura 12 - Expansão/Contração do Músculo em função da força exercida (Fonte: MORGADO JUNIOR, 2011)**

Pode-se notar que a relação de Força por Expansão/Contração deles diferem entre si por conta de seus respectivos diâmetros de 0,010, 0,020 e 0,040 metros (m) sob a parte cilíndrica do músculo, quando o mesmo está em repouso e sem carga aplicada (MORGADO JUNIOR, 2011).

A constituição do músculo é feita por um tubo flexível de estrutura tridimensional composta por fibras entrelaçadas, utilizadas para dar resistência ao músculo quando sob pressão. Em suas extremidades são fixados acessórios usinados de modo a evitar a vazão e possibilitando a entrada e saída controlada de ar comprimido (FESTO, 2017 – tradução própria).



**Figura 13 - Músculo Pneumático MAS (FESTO, 2017)**

### 3.2.3.2 Propriedades

Em SCOFANO (2006) temos listadas as principais propriedades dos músculos artificiais pneumáticos, são elas:

- Características com a carga estática: Onde o comprimento de equilíbrio estático do músculo é determinado pela pressão, carga externa e pelo volume disponível do músculo. O que torna o atuador semelhante à um músculo humano, dando origem ao nome Músculo Artificial.
- Flexibilidade: A propriedade de compressão do gás torna todos os atuadores pneumáticos flexíveis.
- Semelhança com os Músculos do Corpo Humano: Ambos são mecanismos lineares que permitem contração e movimento bidirecional quando ativados de forma contrária. Além da flexibilidade e suavidade de movimento.
- Leveza e força: O principal componente do PAM é a membrana elastomérica, o que o torna muito leve e não prejudica o trabalho do músculo que pode chegar a valores muito altos.
- Manutenção: Como os músculos são ligados um a um, a manutenção pode ser feita de forma muito prática, apenas trocando o músculo defeituoso.
- Segurança: Os sistemas pneumáticos, no geral, não apresentam risco de incêndio, assim como não utilizam gases poluentes.

### 3.2.4 Tipos de músculos

#### 3.2.4.1 Músculo Pneumático com Pregas

Este tipo de músculo (Figura 14) é envolto em uma membrana da qual apesar de se expandir, não se deforma, apenas desdobra suas pregas. Esta característica possibilita uma vantagem de diminuir drasticamente a fricção do material e a diminuição da tensão oposta a axial (MORGADO JUNIOR, 2011).

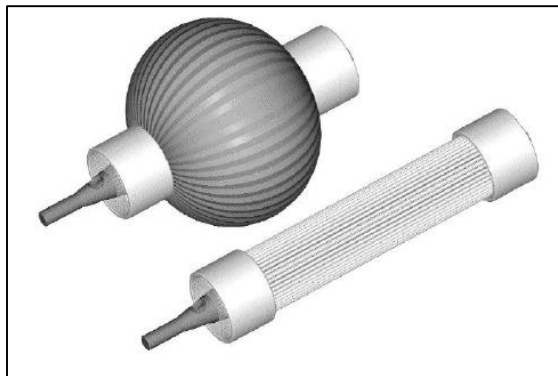


Figura 14 – Músculo Pneumático Com Pregas (Fonte: FRANK DAERDEN, 2006)

#### 3.2.4.2 Músculos emaranhados

É extremamente similar ao anterior, com a ressalva de que o espaçamento entre as pregas se faz maior, o que modifica o nível de força radial (MORGADO JUNIOR, 2011).

#### 3.2.4.3 *Músculo Yarlott*

Diferentemente dos demais músculos, este não é controlado por diferença de pressão via ar comprimido, mas sim por pressão via fluido. Uma bexiga circular é envolta pela malha de resistência do músculo, ao ser injetado o fluido a bexiga se expande se torando esférica. Este tipo de músculo é normalmente utilizado para operar em baixas pressões, haja visto que quanto menor for a expansão maior será a tração exercida (MORGADO JUNIOR, 2011).

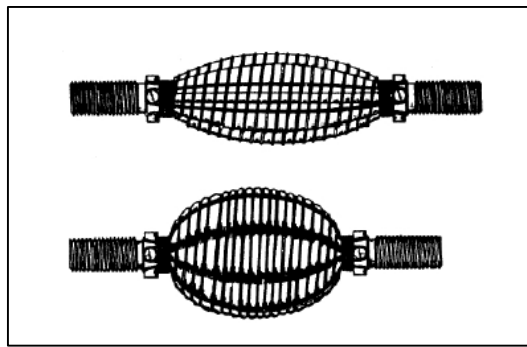


Figura 15 - *Músculo Yarlott* (Fonte: FRANK DAERDEN, 2006)

#### 3.2.4.4 *ROMAC*

Compõe-se por uma bexiga articulada com uma rede de fios e fechada por encaixe nas extremidades. A rede é composta por elos dispostos formando fendas com formato de diamantes (FRANK DAERDEN *apud* COSTA, 2015).

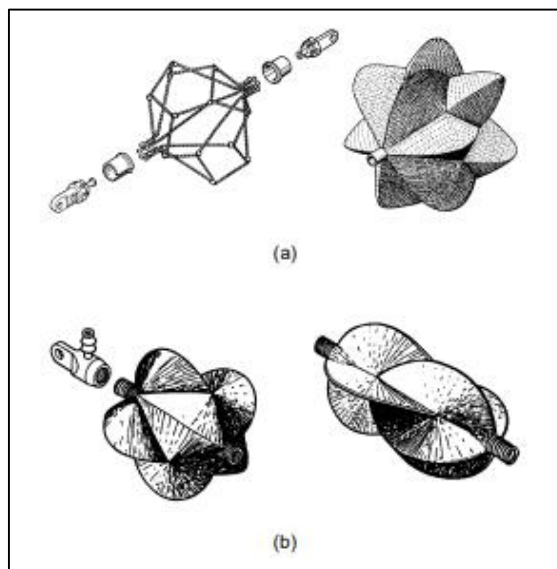
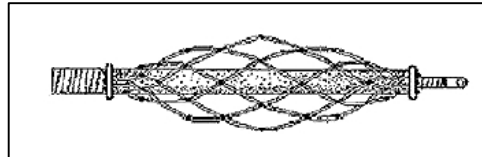


Figura 16 - *ROMAC* versão comum (a) e versão miniatura (b) (Fonte: FRANK DAERDEN, 2006)

#### 3.2.4.5 *Músculo Kukolj*

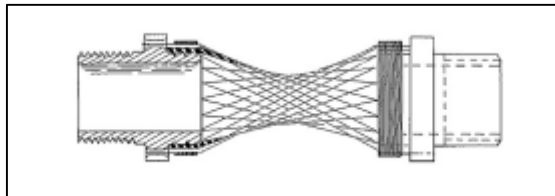
Este tipo de músculo possui uma variação no que diz respeito a sua malha, tendo está uma consistência mais espaçada entre as fibras, o que proporciona uma malha mais aberta do que as demais. Desta maneira, a malha fica mais distante do tubo, fazendo com que entre em contato ao ser inserido a pressão, o que faz com que o tubo se expanda até ser contido pela armação (MORGADO JUNIOR, 2011).



**Figura 17 - Músculo Kukolj (Fonte: FRANK DAERDEN, 2006)**

#### 3.2.4.6 *Músculo Hiperboloide*

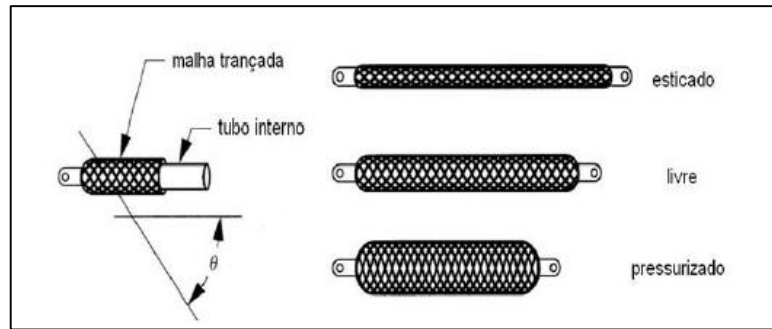
É um músculo com a membrana (quando completamente alongada) em formato de hiperboloide. Sua membrana de elastômero é presa por uma rede de fios ligados aos conectores. Paynter, idealizador do músculo, sugere fios de aço, poliéster e para-aramida como materiais para os fios, enquanto para a membrana, o material seria borracha de neoprene ou poliuretano (FRANK DAERDEN *apud* COSTA, 2015).



**Figura 18 - Músculo Hiperboloide Paynter (Fonte: FRANK DAERDEN, 2006)**

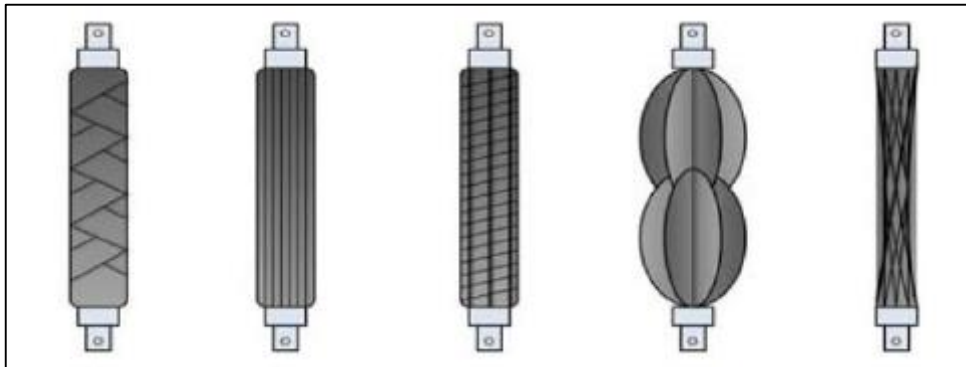
#### 3.2.4.7 *Músculo Trançado (McKibben)*

São músculos constituídos por fibras entrelaçadas de maneira helicoidal a fim de deixar uma angulação  $\theta$  em relação ao eixo axial. Neste tipo de atuador, ao ser pressurizado a fibra é expandida balanceando a pressão interna em relação a externa do tubo. Também conhecidos como músculos McKibben, possuem ambos os lados acoplados a uma estrutura para que toda a tração seja transferida (MORGADO JUNIOR, 2011).



**Figura 19 - Músculo Trançado (Fonte: MORGADO JUNIOR, 2011)**

Na figura a seguir estão representados alguns dos principais PAMs, são eles: Músculo de McKibben; Músculo de pregas; Músculo Yarlott; ROMAC músculo e; Músculo hiperboloide (KELASIDI *et al apud* LOPES, 2014).



**Figura 20 - Músculos Artificiais Pneumáticos (KELASIDI *et al apud* LOPES, 2014)**

### 3.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PRODUTO

Esta sessão trata do projeto mecânico do exoesqueleto, compreendendo a definição das características e do modelo matemático para efeito de cálculo, do arranjo mecânico da estrutura, dos músculos pneumáticos, das polias e cabos utilizados.

#### 3.3.1 Estrutural

Para a escolha do metal base a ser utilizado no protótipo foram enaltecidos alguns pontos importantes, visando uma boa construção, confiabilidade e praticidade no processo. O material em questão deveria apresentar uma boa relação custo x benéfico, mas também ser algo que se caracteriza por conter uma baixa densidade e boa resistência a corrosão.

Dentre alguns metais analisados, o escolhido foi o alumínio, que é um metal não ferroso, ou seja, possui resistência a corrosão. Além de ser atóxico, apresentar boa durabilidade, baixa densidade, boa maleabilidade, boa resistência e condutibilidade térmica.

Existem algumas ligas de alumínio, e em específico, a escolhida foi AA6351 (AlSi1Mg0,5Mn). Esta escolha se baseou em algumas características particulares deste tipo de liga, graças a presença de Silício, Magnésio, Manganês, Ferro, Cobre, Titânio e Zinco, conforme a Tabela 2:

ELEMENTO	%
<b>ALUMÍNIO</b>	96,1 -97,5
<b>COBRE</b>	0,1
<b>FERRO</b>	0,5
<b>MAGNÉSIO</b>	0,4-0,8
<b>MANGANÊS</b>	0,4-0,8
<b>SILÍCIO</b>	0,7-1,3
<b>TITÂNIO</b>	0,2
<b>ZINCO</b>	0,2

**Tabela 2 - Composição da liga AA6351 (Fonte: ALUMICOPPER, 2018)**

Esse alumínio proporciona ao produto final resistência mecânica e resistência a corrosão, evidenciam uma boa soldabilidade, boa usinagem e boa conformabilidade, além de impactar pouco no peso do equipamento, visto que o objetivo é ajudar o paciente e não torná-lo impeditivo (ALUMICOPPER, 2018).

### **3.3.2 Desenho técnico**

A partir de um esboço feito por ideias iniciais e simples, juntamente com conceitos aplicados de mecânica, foi desenvolvido este protótipo de um projeto de exoesqueleto em membros inferiores.

Este protótipo contém duas “pernas” interligadas na região do quadril do usuário, com polias e atuadores pneumáticos, que permitirão o deslocamento do paciente usuário. O protótipo foi desenhado tomando como base, as dimensões do corpo de um paciente, sendo que as mesmas podem ser alteradas para o uso em outro beneficiário. Essas dimensões, como comprimentos e massa corporal, permitiram realizar cálculos determinantes de parâmetros a serem adotados nas polias e atuadores.

Como representado a seguir, podemos observar o protótipo em modo estático.



**Figura 21 - Protótipo Elaborado no Programa SolidWorks® (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Como demonstrado na Figura 22, podemos observar a simulação de movimentos em um ciclo completo:



**Figura 22 - Simulação da Marcha Realizada pelo Protótipo (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Para maior detalhamento das peças que compõem o exoesqueleto, as mesmas foram cotadas utilizando do software AutoCad® e podem ser encontradas no apêndice B.

### **3.3.3 Cálculo das forças atuantes no produto**

#### *3.3.3.1 Movimento relativo*

Para uso do produto se faz necessária a determinação das forças atuantes nos principais pontos articulados do exoesqueleto (Figura 23). Para tanto, inicialmente calculam-se as velocidades vetoriais aplicadas na coxa e perna do projeto.

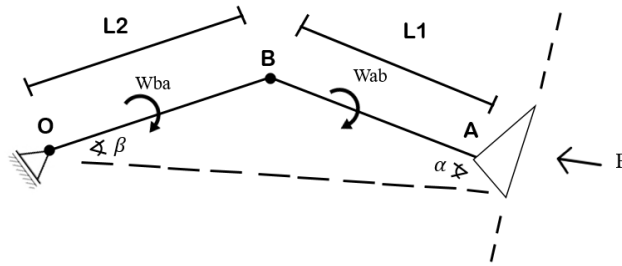


Figura 23 - Demonstrativo das forças atuantes (Fonte: Autoria própria, 2018)

$$\vec{V}_b = \vec{V}_o + W_{bo} \times (b - o)$$

(4)

Temos que o ponto O é fixo, portanto  $\vec{V}_o = 0$ , assim:

$$\vec{V}_b = \overline{Wbo} \hat{k} \times (-L2 \times \cos \beta \hat{i} + L2 \times \sin \beta \hat{j})$$

(5)

$$\boxed{\vec{V}_b = -\overline{Wbo} \times L2 \times \cos \beta \hat{j} - \overline{Wbo} \times L2 \times \sin \beta \hat{i}}$$

(6)

$$\vec{V}_b = \vec{V}_a + \overline{Wab} \times (b - a)$$

(7)

$$\vec{V}_b = \vec{V}_a \hat{i} - \overline{Wab} \hat{k} \times (-L1 \times \cos \alpha \hat{i} - L1 \times \sin \alpha \hat{j})$$

(8)

$$\vec{V}_b = \vec{V}_a \hat{i} + \overline{Wab} \times L1 \times \cos \alpha \hat{j} - \overline{Wab} \times L1 \times \sin \alpha \hat{i}$$

(9)

$$\boxed{\vec{V}_a \hat{i} = \frac{-\overline{Wbo} \times L2 \times \cos \beta \hat{j} - \overline{Wbo} \times L2 \times \sin \beta \hat{i}}{\overline{Wab} \times L1 \times \cos \alpha \hat{j} - \overline{Wab} \times L1 \times \sin \alpha \hat{i}}}$$

(10)

### 3.3.3.2 Cálculo dos corpos rígidos no plano sagital

Para fins de cálculo dos esforços atuantes no produto, é considerado que os pontos de articulação do quadril e joelho são de rotação pura, ou seja, sem atrito assim como mostrado na figura 24.

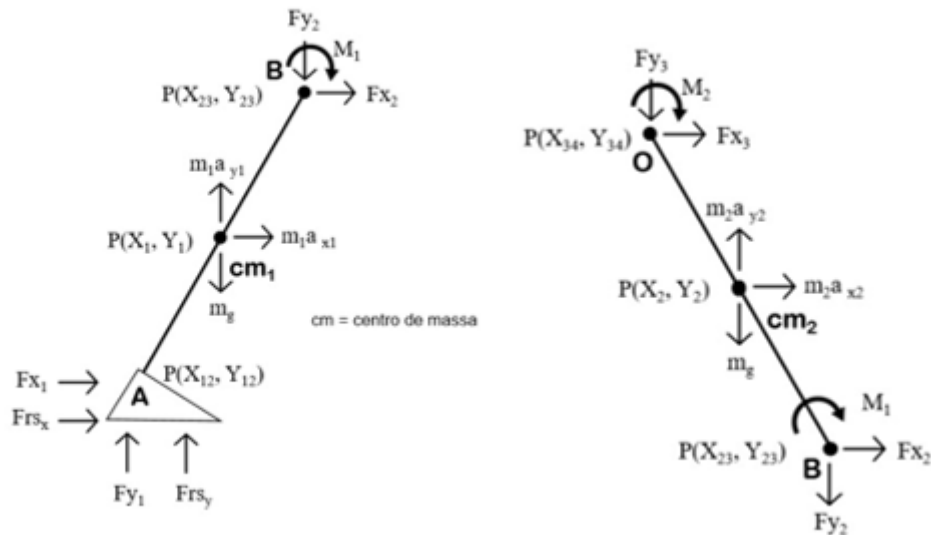


Figura 24 - Diagrama de corpos livres do pé (A), joelho (B) e cintura (O) (Fonte: Autoria Própria, 2018)

De acordo com o sistema de referência escolhido, é utilizado da notação indicada abaixo em que o índice x indica a direção horizontal, e o índice y a direção vertical. Assim obtêm-se:

A, B e O: índices para os segmentos do pé, joelho e cintura, respectivamente;

$F_{rsx}$  e  $F_{rsy}$ : componentes da força de reação do solo;

$F_{x_i}$  e  $F_{y_i}$ : componentes da força de articulação, via tração do músculo pneumático;

$M_i$ : componente z do momento intersegmentar na articulação;

$P(x_i, y_i)$ : coordenadas de ponto;

$m_i$ : massa do centro de segmento i;

$I_i$ : momento de inércia do segmento i;

$g$ : aceleração da gravidade ( $9,81 \text{ m/s}^2$ );

$a_{x_i}$  e  $a_{y_i}$ : componentes da aceleração linear do centro de massa do segmento i;

Para a perna:

$$m_1 \times ax_1 = Fx_1 + Frsx + Fx_2 \quad (11)$$

$$m_1 \times ay_1 = Fy_1 + Frsy + Fy_2 - m_1g \quad (12)$$

$$I_1 \times \alpha = -M_1 - (x_{23} - x_1) \times Fy_2 + (y_{23} - y_1) \times Fx_2 - (x_1 - x_{12}) \times Fy_1 + (y_1 - y_{12}) \times Fx_1 + (x_{12} - x_1) \times Frsy + (y_{12} - y_2) \times Frsx \quad (13)$$

Para a coxa:

$$m_2 \times ax_2 = Fx_3 + Fx_2 \quad (14)$$

$$m_2 \times ay_2 = -Fy_3 - Fy_2 - m_2g \quad (15)$$

$$I_2 \times \alpha = -M_2 - M_1 - (x_{34} - x_2) \times Fy_3 + (y_{34} - y_2) \times Fx_3 - (x_2 - x_{23}) \times Fy_2 + (y_2 - y_{23}) \times Fx_2 \quad (16)$$

### 3.3.4 Componentes

#### 3.3.4.1 Cabo de aço

Alguns componentes são essenciais para a formação de um cabo de aço, estes são feitos através do procedimento de trefilação ou pelo processo de esticamento. Fio-máquina trata-se do processo siderúrgico em que é utilizado um lingote de aço de qualidade mecânica e massa desejada para que sejam produzidos, através da laminação a quente, os teores de carbono que aumentam a dureza, de acordo com o percentual utilizado no material. Este pode variar de fabricante para fabricante mas com uma variação em torno de 0,3% até 0,8%, sendo que os mais fortes estão entre 0,60% até 0,80%. Além do carbono encontra-se também teor de manganês que gira em torno de 0,60% e Fósforo + Enxofre que juntos não excedem 0,03% para se ter um arame maleável. O cobre também é encontrado em alguns fios-máquinas. Os mais

resistentes a corrosão são os cabos Inox, feitos de arames austeníticos com baixo teor de carbono. (CIMAF, 2014)

Para selecionar o cabo ideal, é utilizada a seguinte expressão matemática (CIMAF, 2014):

$$Carga\ real = Carga \times Fator\ de\ seguran\ca \quad (17)$$

Sendo:

- A Carga será considerada o peso da pessoa somado ao do equipamento.
- O Fator de segurança é um algoritmo considerado para o tipo de serviço que será utilizado no equipamento.
- A Carga real, também conhecida como carga de ruptura, é o conjunto de forças concentradas sob um cabo de aço, em que uma vez que esta esteja aplicada a ele, força-o ao rompimento.

Para fins de medição, o cabo é tracionado em um equipamento, forçando-o ao seu limite até que haja a ruptura em pelo menos uma perna.

Na Tabela 3 apresenta-se as construções usuais, as bitolas com seus respectivos pesos e também as cargas de ruptura. É mostrado também o tipo de serviço para valor de segurança e de alma (uma parte do cabo) com suas características.

Denominação Americana	Resistencia à Tração
AF / AFA (alma de fibra)	Maior flexibilidade e menor resistência à tração
AA / AACI (alma de aço)	Menor flexibilidade e maior resistência à tração

**Tabela 3 - Tipo de alma (Fonte: Guia Vertical, 2014)**

Tipo de Serviço	Fator de Segurança
Cabos guia estático	3-4
Esteios	4-5
Guinchos	5
Máquinas de terraplenagem	5
Serviços gerais de levantamento de carga	4-5
Laços	5-6
Planos Inclinados (Montados sobre trilhos)	6
Pontes rolantes	6-8
Guindastes	7
Pontes rolantes de fornos siderúrgicos	8
Elevadores de baixa velocidade (16 a 100 m/min)	7-8
Elevadores de alta velocidade (101 a 470 m/min)	9-11

**Quadro 2 - Aplicação x Fator de segurança. (Fonte: Guia Vertical, 2014)**

A máxima massa que pode-se aferir a um cabo é chamada de Carga de Trabalho. Para isso, é utilizada a Tabela 5, que após a conclusão dos cálculos anteriores, é possível localizar o melhor diâmetro para o uso. É importante ressaltar que a Carga de Trabalho não deverá ultrapassar a um máximo de um quinto (1/5) da carga de ruptura mínima efetiva (CABLEMAX, 2010).

A relação existente entre a carga ruptura mínima efetiva e a carga aplicada no mesmo, é chamada de Fator de segurança, este é de suma importância para que haja maior segurança de operação, evitando assim possíveis rupturas e aumentando a duração do cabo (CABLEMAX, 2010).

BITOLA		TABELA DE PESO				TABELA IPS				TABELA EIPS			
DIÂMETROS		PESO EM kg POR METRO LINEAR				CARGAS DE RUPTURAS - RESISTÊNCIA 1770 N/mm <sup>2</sup> (IPS) em kg				CARGAS DE RUPTURAS - RESISTÊNCIA 1960 N/mm <sup>2</sup> (EIPS) em kg			
Polegadas	Milímetros	6x7		6x25 e 6x41		6x7		6x25 e 6x41		6x7		6x25 e 6x41	
Pol.	mm	AF / AFA	AA / AACI	AF / AFA	AA / AACI	AF / AFA	AA / AACI	AF / AFA	AA / AACI	AF / AFA	AA / AACI	AF / AFA	AA / AACI
1/16"	1,59	0,012	0,013			151	163			167	181		
5/64"	1,99	0,014	0,015			236	255			261	283		
3/32"	2,38	0,019	0,021			340	367			376	407		
1/8"	3,18	0,034	0,037			604	653			669	723		
5/32"	3,97	0,054	0,061			944	1.021			1.045	1.130		
3/16"	4,76	0,078	0,086	0,088	0,097	1.359	1.469	1.351	1.457	1.505	1.627	1.496	1.613
1/4"	6,35	0,14	0,154	0,156	0,172	2.416	2.613	2.402	2.591	2.676	2.893	2.659	2.869
5/16"	7,94	0,221	0,244	0,244	0,268	3.778	4.085	3.755	4.051	4.183	4.523	4.158	4.486
3/8"	9,53	0,31	0,341	0,35	0,39	5.442	5.885	5.409	5.836	6.026	6.517	5.990	6.462

7/16"	11,1	0,43	0,473	0,48	0,52	7.383	7.983	7.339	7.917	8.176	8.840	8.126	8.767
1/2"	12,7	0,57	0,627	0,63	0,68	9.665	10.451	9.607	10.364	10.702	11.573	10.638	11.476
9/16"	14,3	0,71	0,781	0,79	0,88	12.254	13.250	12.180	13.139	13.569	14.672	13.487	14.550
5/8"	15,9	0,88	0,968	0,98	1,07	15.149	16.381	15.058	16.244	16.775	18.139	16.674	17.988
3/4"	19,1	1,25	1,38	1,41	1,55	21.860	23.638	21.729	23.441	24.207	26.176	24.061	25.957
7/8"	22,2	1,71	1,88	1,92	2,11	29.532	31.934	29.354	31.667	32.702	35.362	32.505	35.066
1"	25,4	2,23	2,45	2,5	2,75	38.660	41.804	38.427	41.454	42.810	46.291	42.552	45.904
1.1/8"	28,6			3,17	3,48			48.719	52.557			53.949	58.199
1.1/4"	31,8			3,91	4,3			60.231	64.977			66.697	71.951
1.3/8"	34,9			4,73	5,21			72.547	78.262			80.334	86.664
1.1/2"	38			5,63	6,19			86.007	92.783			95.239	102.743
1.5/8"	41,3												
1.3/4"	44,5												
1.7/8"	47,6												
2"	50,8												
2.1/8"	54												
2.1/4"	57,2												

**Tabela 4 - Pesos e Cargas de ruptura. (Fonte: NBR ISO 2408:2008 / ABNT NBR 6327)**

Legendas:

**AF:** alma de fibra | **AFA:** alma de fibra artificial | **AA:** alma aço | **AACI:** alma aço de cabo independente | Composições: **Filler, Seale, Warrington** | Torções: **TRD:** torção regular à direita | **TRE:** torção regular à esquerda | **TLD:** torção lang à direita | **TLE:** torção lang à esquerda | **NROT:** não rotativo

Utilizando a equação (18), foi possível determinar o diâmetro do cabo a ser utilizado, considerando:

- Carga = 70kg pessoa + 15kg equipamento / exoesqueleto = Total de 85 kg;
- Fator de segurança = 4 (serviços gerais de levantamento de carga)

$$Carga\ real = 85kg \times 5 = 425kg$$

(18)

De acordo com a Tabela 5, deve-se utilizar o cabo de 1/8" 6x7 +AA IPS que possui carga de ruptura de 653kg. A escolha AA (alma de aço) se dá por ser um cabo de maior resistência à tração e menor flexibilidade. Um exemplo de aplicabilidade é que este é um dos tipos de cabo utilizados em aparelhos de academia.

### 3.3.4.2 Roldanas

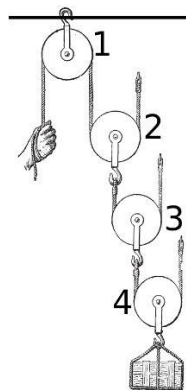
As roldanas são separadas em duas diferentes configurações para uso;

Roldana fixa – utilizado para facilitar a movimentação de cargas, sem alterar o peso do objeto que estará sendo levantado, ela é presa à um suporte, por isso o nome fixa, só trabalhando com a rotação da roda e movimentação do cabo por ela.



**Figura 25 - Exemplo Polia fixa (Fonte: Brasil Escola, 2014)**

Roldana móvel – Existem diversas configurações para o uso desses tipos de roldanas, elas variam de acordo com a quantidade e tem como tarefa a diminuição da força de trabalho necessária para movimentar objetos, diminuindo o peso do objeto de acordo com sua configuração. Ela deverá ser sempre usada juntamente com uma roldana fixa, o que permitirá direcionar a força. Há de se notar que existe uma relação entre o número de roldanas e a força necessária para movimentar o objeto, em que quanto mais roldanas móveis em uma estrutura, menor será a força necessária a ser aplicada para mover o objeto (GALVAMINAS, 2017).



**Figura 26 - Roldanas moveis e fixas (Fonte: Brasil Escola, 2014)**

Para a escolha do diâmetro da roldana será considerado a relação entre o diâmetro do cabo e o diâmetro da polia, a fim de garantir uma duração razoável do cabo.

A tabela a seguir indica a proporção recomendada e a mínima entre o diâmetro da polia ou do tambor e o diâmetro do cabo, para as diversas composições de cabos.

Composição do cabo	Recomendado	Mínimo
6 x 7	72	42 vezes o diam. cabo
6 x 19 Seale	51	34 vezes o diam. cabo
18 x 7 Não rotativo	51	34 vezes o diam. cabo
6 x 21 Filler	45	30 vezes o diam. cabo
6 x 25 Filler	39	26 vezes o diam. cabo
6 x 19 (2 operações)	39	26 vezes o diam. cabo
8 x 19 Seale	39	26 vezes o diam. cabo
6 x 36 Filler	34	23 vezes o diam. cabo
6 x 41 Filler ou Warrington-Seale	31	21 vezes o diam. cabo
8 x 25 Filler	31	21 vezes o diam. cabo
6 x 37 (3 operações)	27	18 vezes o diam. cabo
6 x 43 Filler (2 operações)	27	18 vezes o diam. cabo
6 x 61 Warrington (3 operações)	21	42 vezes o diam. cabo

**Tabela 5 - Relação de diâmetro de roldana por cabo. (Fonte: Oliveira Filho, 2014)**

Como foi feito o dimensionamento para o uso do cabo 6x7 visto anteriormente. Utilizando a tabela de relação, o diâmetro mínimo a ser usado na roldana fixa é de 134 mm com espessura de 6 mm.

### 3.3.4.3 Seleção do músculo

Visando o menor custo para a fabricação do projeto proposto, o grupo decidiu produzir o músculo manualmente. Após algumas pesquisas e discussões, optou-se por seguir o manual de confecção de um músculo trançado disponível no site Instructables da Autodesk, foi utilizado dos materiais propostos e a ordem de produção.

#### 3.3.4.3.1 Produção

Para iniciar a montagem do músculo, foram listados os principais componentes necessários, tais como:

- barra redonda vergalhão de alumínio 3/4 polegadas com 50cm de comprimento.
- abraçadeiras Rosca de aço.
- espigão Macho em rosca de 1/8 polegadas.
- malha Trançada flexível.
- tubo de Látex de 8mm de diâmetro interno e 12mm de diâmetro externo.

Após a listagem, utiliza-se do laboratório de Engenharia Mecânica da Universidade Santa Cecília para iniciar o processo de fabricação do músculo.

Com a usinagem de peças utilizando a barra de alumínio, pode-se vedar as extremidades de um tubo de látex, de 250 mm de comprimento, para ser futuramente pressurizado. Em seguida, o tubo foi encapado com a malha trançada, para reforçar a resistência do látex, da qual foi fixada com abraçadeiras para melhor fixação da mesma no músculo. Foi inserido então o espigão macho na peça usinada para que este sirva como acoplador do tubo que leva o ar comprimido até o músculo.

#### 3.3.4.3.2 Testes

Foram realizados testes nos músculos para análise de resistência e força. Os testes foram efetuados com cargas variadas de 7 kg até 17 kg, onde pôde-se constatar que, ao ser pressurizado a uma pressão de 344,738 kPa com um compressor da GM 1947 de pistão duplo, o músculo pôde levantar o peso com uma variação de comprimento de 100 mm. A seguir temos a figura 27, onde encontra-se o músculo sob tração.



**Figura 27 - Músculo Tracionado com Carga de 10 kg (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Assim que o músculo foi pressurizado o mesmo sofre uma variação de comprimento e levanta a carga sofrendo menos resistência que outros tipos de atuadores. Assim como ilustrado na figura 28.



**Figura 28 - Músculo Comprimido com Carga de 10 kg (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

### **3.3.5 Circuito de automação do músculo**

Para que o músculo pneumático possa agir sem a necessidade de intervenção manual, foi implantado uma automação no mesmo, de forma que este possa ser independente para comprimir e estender durante as etapas de marcha humana.

Para a execução de um músculo, foi desenvolvido um circuito eletrônico utilizando da plataforma de software e hardware Arduino. Foi escolhido o Arduino UNO, sob o controle de um micro controlador ATMEGA328P-PU para inserir a programação ao circuito.

Foi usado uma placa em LCD (*Liquid Crystal Display*) para exibir a pressão interna, durante as etapas de tração e compressão do músculo, e um sensor de pressão para atualizar o LCD para pressão instantânea do músculo em cada etapa.

Para fins de ilustração e simulação de circuito e pelo grupo estar limitado aos dispositivos disponíveis do software de simulação, foi utilizado um motor DC para substituir a válvula solenoide, pois estes possuem a mesma ligação elétrica. Além disso, foi conectado um relé a válvula solenoide, de forma a criar um controle de estados lógicos Normalmente Fechado (NF) ou Normalmente Aberto (NA).

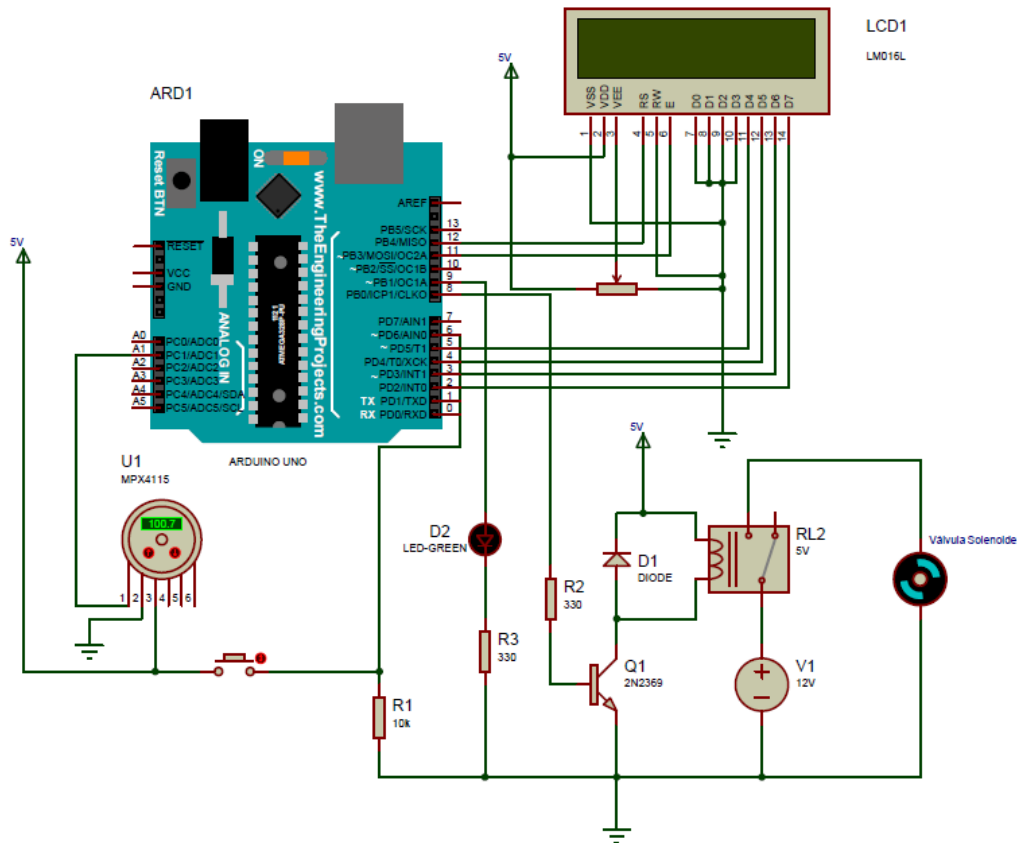


Figura 29 - Circuito de Automação do Músculo Elaborado no Software Proteus (Fonte: A autoria Própria, 2018)

### 3.3.6 Programação

O software Arduino trabalha com etapas variadas de programação, iniciando o processo através de um "setup()", em que são definidas as entradas e saídas dos pinos e a configuração de comunicação serial do processo. Em seguida, inicia-se a etapa de "loop()", que consiste num laço infinito de sequências lógicas programadas.

Na lógica de programação desenvolvida, foi declarada as variáveis ligadas em circuito ao Arduino, digitais e analógicas, e em seguida iniciada as ações de loop que são:

- definir se o botão que inicia o processo está em acionado
- caso esteja, acionar a válvula solenoide para que inicie o processo de pressurização do músculo
- mostrar através do lcd acoplado, o nível de pressão presente no músculo
- caso esteja em pressão ideal, manter esta pressão no tempo necessário para realizar o trabalho do músculo

- após este tempo de trabalho, desacionar a válvula solenoide para que esta retire o ar comprimido de dentro do músculo
- acionar um led que sinaliza que o músculo está sofrendo uma despressurização
- sinalizar na tela lcd a mudança de pressão interna do músculo durante este processo
- dar o tempo necessário ao músculo despressurizado realizar seu trabalho
- reiniciar o ciclo de loop

A programação completa está disponível no Apêndice C.

## **4 PROJETO DA FÁBRICA**

Este capítulo abordará estudos sobre *layout*, planta, localização, e planejamento de produção, para que as escolhas comportem a demanda.

### **4.1 LAYOUT DA FÁBRICA**

O *Layout* de fábrica deve contemplar as linhas de produção/montagem do produto, acomodando trabalhadores, mobiliário, ferramentas e condições dignas de trabalho para toda a cadeia hierárquica.

Todo o estudo foi realizado se utilizando da Norma Regulamentadora de Ergonomia – NR-17 (2007), que especifica todos os padrões a serem seguidos, de forma a assegurar a comodidade e bom desempenho da equipe de trabalho.

#### **4.1.1 Rede pert e o caminho crítico**

O PERT, sigla em língua inglesa (*Program Evaluation Review Technique*), que significa “Técnica de Revisão de Avaliação de Projetos”, nada mais é do que união de técnicas utilizadas no planejamento, programação e controle de projetos.

A técnica do caminho crítico é parte do PERT, e refere-se também a uma análise de planejamento e o controle de empreendimentos ou projetos.

Os fatores relativos a um empreendimento são normalmente prazo, custo e qualidade, e o método do caminho crítico é largamente utilizado para o gerenciamento, tanto dos tempos quanto dos custos, e também para permitir a avaliação dos recursos que são necessários para desenvolver o projeto. (MARTINS, 2005)

A aplicação desse método na produção ocorre toda vez que se programam produções de produtos únicos e não repetitivos. (MARTINS, 2005)

“Um projeto é constituído por um conjunto de atividades independentes, mas logicamente ligadas, e pode ser representado por meio de uma rede. O objetivo é atribuir uma duração a cada atividade e determinar em quanto tempo é possível se completar o projeto.” (MARTINS, 2005)

Por isso, foram organizadas as etapas e duração para desenvolvimento do exoesqueleto, conforme a Tabela 6:

TABELA DE PRECEDÊNCIAS IMEDIATAS		
ATIVIDADE	PRECEDÊNCIA IMEDIATA	DURAÇÃO (Minutos)
A	-	20
B	A	12
C	-	30
D	C	10
E	B	30
F	E	15
G	F	8
H	F, G	20
I	H	30
J	I	10
K	J	15
L	K	10

**Tabela 6 - Tabela de precedências imediatas (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

sendo:

A – Montagem do músculo pneumático;

B – Testes de qualidade (vedações e resistência);

C – Montagem da estrutura (inserção de parafusos, porcas, arruelas e polias);

D – Teste de segurança da estrutura;

E – Fixação dos cabos de aço aos músculos;

F – Montagem dos músculos à estrutura;

G – Montagem das conexões para passagem do ar comprimido;

H – Montagem da instalação elétrica (válvulas e sensores);

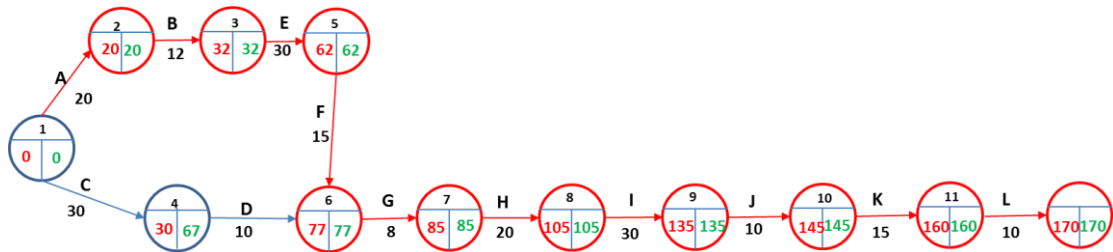
I – Teste de funcionamento do sistema de controle (automação);

J – Inserção de proteções para o usuário nas extremidades;

K – Teste final (Certificação);

L – Embalagem.

Com base nas atividades descritas, foi elaborado um diagrama de dependência em formato de rede (PERT). O diagrama é ilustrado conforme a Figura 30:



**Figura 30 - Rede PERT para análise de caminhos críticos. (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Os tempos cronometrados são em minutos, a linha em destaque na Figura 30 representa o CPM (sigla de origem inglesa para *Critical Path Method*), que representa o caminho crítico do projeto, ou seja, o caminho no qual o processo apresenta gargalos da linha de produção.

Nos demais caminhos, é provável que haja folgas, cujas podem ser calculadas conforme a expressão (19), de acordo com Martins (2005):

$$\mathbf{FT = FOLGA\ TOTAL = UDI - PDI = UDT - PDT}$$

(19)

sendo:

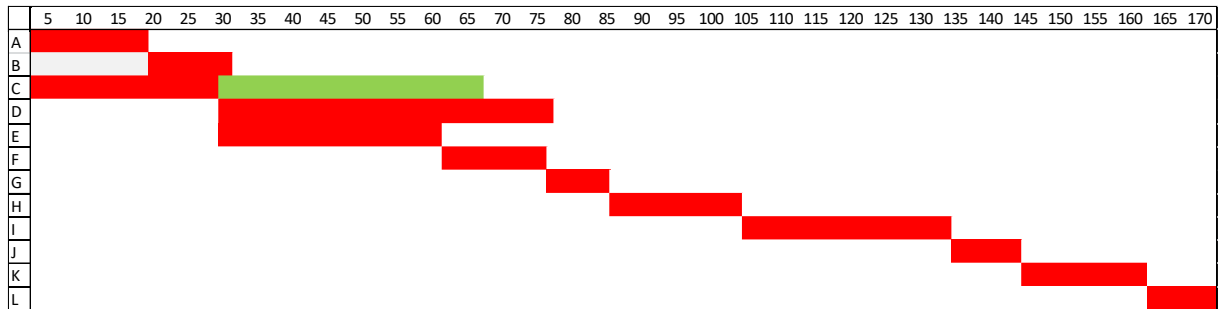
PDI (Primeira Data de Início) – Primeiro instante que uma atividade pode iniciar-se, assumindo que todas as suas precedentes tenham sido completadas.

PDT (Primeira Data de Término) – Primeiro instante que uma atividade pode terminar.

UDI (Última Data de Início) – Último instante que uma atividade pode se iniciar sem gerar atrasos nos inícios das atividades que a sucedem.

UDT (Última Data de Término) – Último instante que uma atividade tem que terminar, sem gerar atrasos nos inícios das atividades que a sucedem.

Com o gráfico de Gantt é possível visualizar com maior facilidade as folgas de cada etapa:



**Figura 31 - Gráfico de Gantt (Cronograma do projeto) e folgas (Fonte: Autorial Própria, 2018)**

As atividades críticas têm as folgas iguais a 0 (zero). As folgas no gráfico foram representadas na cor verde.

Para o projeto, foi considerado um regime de operação de 8 horas diárias, em atividade de segunda a sexta-feira, com 1 hora de pausa para almoço. O total de tempo de operação diário é, portanto, de 480 minutos.

Pelo caminho crítico, a montagem de um equipamento leva cerca de 170 minutos.

#### 4.1.2 Balanceamento de linha

Analisando a rede PERT, sabendo os caminhos críticos e de folga, é possível determinar como serão distribuídas as estações de trabalho, bem como o *layout* mais aplicável para este negócio.

A primeira etapa é realizar o balanceamento de linha, que consiste em distribuir as funções e descobrir quantos postos de trabalho serão necessários para suprir a demanda de produção.

“Para o balanceamento, deve-se, em primeiro lugar, determinar o tempo de ciclo. O tempo de ciclo (TC) expressa a frequência com que uma peça deve sair da linha ou, em outras palavras, o intervalo de tempo entre duas peças consecutivas.” (MARTINS, 2005)

$$TC = \frac{\text{Tempo disponível no período}}{\text{Produção requerida}}$$

(20)

A partir do tempo de ciclo, é determinado o número mínimo de operadores que, teoricamente, seriam necessários para que se tivesse aquela produção (número teórico, N):

$$N_t = \frac{\text{tempo total para produzir uma peça}}{\text{tempo de ciclo}} \quad (21)$$

Para desenvolvimento desse projeto, foi considerada jornada de trabalho em horário comercial de 8 horas por dia e uma média de 20 dias úteis ao mês, portanto os cálculos de TC e NT são demonstrados à seguir:

$$TC = \frac{8 \text{ h} \times 60 \text{ min}}{5 \text{ exoesqueletos}} \therefore TC = 96 \text{ min/exoesqueleto}$$

$$N_t = \frac{210 \text{ min/operário}}{96 \text{ min/exoesqueleto}} \therefore N_t = 2,19 \text{ operários/exoesqueleto}$$

Os resultados foram 96 minutos/exoesqueleto por dia e, tornando o valor de  $N_t$  em  $N_{\text{real}}$ , 3 operários no mínimo, nas estações de montagem, para atender a demanda de 5 exoesqueletos, numa eficiência de 73% aproximadamente.

#### 4.1.3 Tipo de *layout*

Visto que basicamente o trabalho para desenvolvimento de um exoesqueleto é o de montagem, apesar de certas especificidades, o *layout* em célula ou *layout* de manufatura é adequado para a atividade. Conforme explicação abaixo:

“Células de produção são unidade de manufatura e/ou serviços que consiste em uma ou mais estações de trabalho, com mecanismos de transporte e de estoques intermediários entre elas.” (MARTINS, 2005)

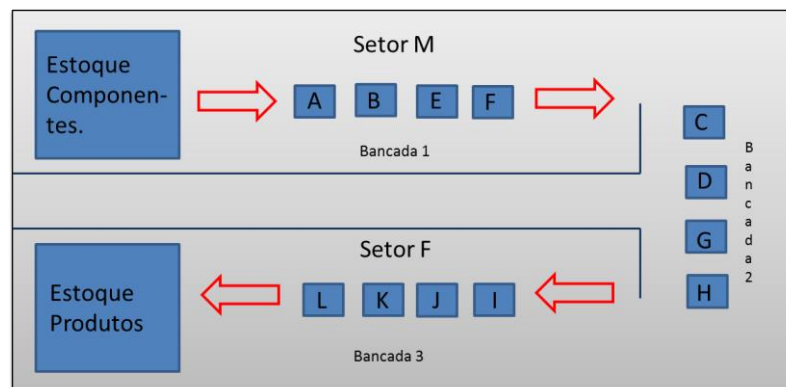
“O material se desloca dentro da célula buscando os processos necessários e isso permite alcançar um nível de qualidade e de produtividade maior, apesar de sua especificidade para uma família de produtos. Diminui também o transporte do material e os estoques. A responsabilidade sobre o produto fabricado é centralizada e enseja satisfação no trabalho.” (MARTINS, 2005)

Desta forma, foram ordenadas as famílias, conforme a Tabela 7:

Atividades	Famílias			
	Músculo	Estrutura	Automação	Finalização
A	x			
B	x			
C		x		
D		x		
E	x			
F		x		
G			x	
H			x	
I			x	
J				x
K				x
L				x

**Tabela 7 - Determinação de famílias para *layout* celular. (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Sendo assim, foi possível agregar algumas atividades de famílias diferentes em atividades sequenciais, tornando o fluxo de montagem celular em 3 células/postos de trabalho, atendendo o número Nr, calculado anteriormente, conforme a Figura 32:



**Figura 32 - Layout em células com fluxo de operações (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

De acordo com a NR-17 (2007) que determina condições de ergonomia e conforto dos operários, foi constatado que é necessário um imóvel que tenha, pelo menos 112 m<sup>2</sup> para acomodação dos itens, ferramentas e movimentação dos operários.

#### 4.2 LOCALIZAÇÃO DA EMPRESA

Para uma decisão adequada quanto à localização, deve-se determinar qual a capacidade, onde e quando, ou seja, deve considerar a forma de medir a capacidade, determinar a demanda para os próximos anos e determinar qual a capacidade a instalar. Deve ainda incluir o desenvolvimento e a avaliação de alternativas para a tomada de decisão. (MARTINS, 2005)

“Para se determinar os custos dos fatores qualificáveis ou objetos devem-se analisar os principais custos envolvidos: custos de pessoal, terreno e construção, equipamentos, transportes, água, luz, gás, taxas e impostos.” (MARTINS, 2005)

Para isso, foi desenvolvida a Tabela 8 para ponderar os custos e pontos relevantes para o projeto e assim determinar a melhor localização para desenvolvimento do negócio:

Fator	Peso	Notas			
		Santos (A)	São Bernardo do Campo (B)	Campinas (C)	Praia Grande (D)
Disponibilidade de mão de obra	10	5	5	5	3
Proximidade de mercados	25	5	4	5	4
Proximidade de matérias primas	20	4	5	5	4
Disponibilidade e custo de terrenos	15	5	5	4	5
Facilidade de acesso	15	5	5	5	4
Desenvolvimento regional	15	5	4	4	4

**Tabela 8 - Fatores para determinar localização (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Os pesos foram validados de acordo com a relevância da questão e as notas atribuídas de 0 a 5, sendo 0 (zero) ruim e 5 (cinco) ótimo. A avaliação da tabela é feita pela expressão matemática:

$$N_{\alpha} = \sum_{i=1}^n \frac{N_i \cdot P_i}{P_i} \quad (22)$$

sendo:

$N_{\alpha}$  – Resultante da nota na localidade i;

$N_i$  – Nota da localidade i;

$P_i$  – Peso atribuído ao fator para a localidade i.

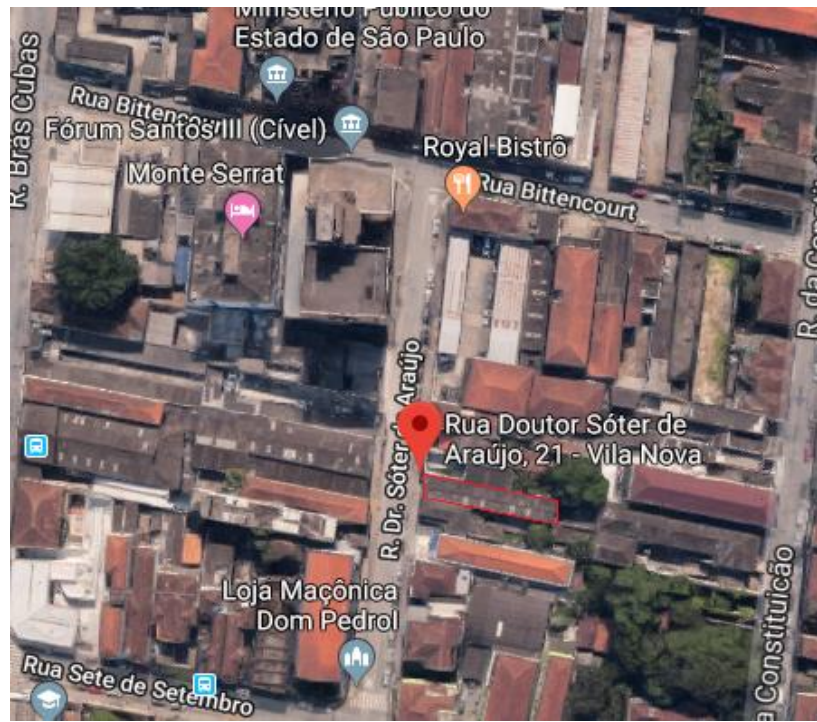
O cálculo de somatória é realizado, conforme explicitado acima, levando em conta o peso de cada fator, e então, é calculada a média para determinação do local.

Nota A	4,80	Nota B	4,60	Nota C	4,70	Nota C	4,05
--------	------	--------	------	--------	------	--------	------

**Tabela 9 - Determinação de local mediante cálculos de ponderação. (Autoria Própria, 2018)**

De acordo com os resultados, o melhor local para desenvolvimento e fabricação do produto é Santos. Com isto, foram iniciadas as pesquisas visando encontrar um imóvel que melhor se encaixe com a demanda do projeto, levando em consideração não somente o escopo,

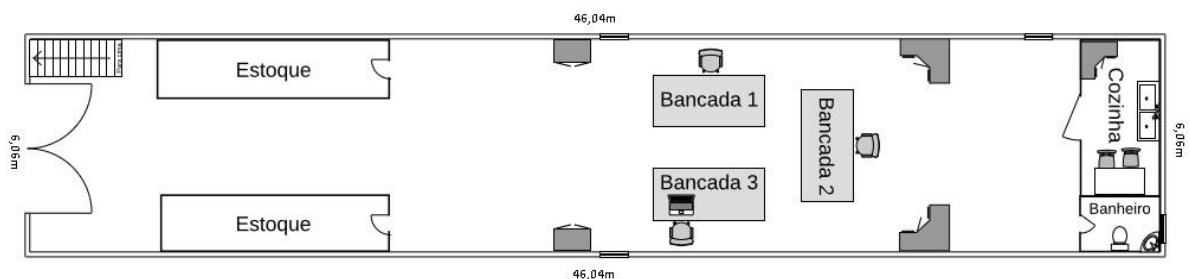
como também as condições do imóvel, localização e valores apresentados para o mesmo. O imóvel escolhido trata-se de um galpão com 264m<sup>2</sup> de área, com 2 banheiro, 1 escritório e uma sala extra. O mesmo apresenta aluguel de R\$ 4.000,00 e IPTU de R\$ 279,25.



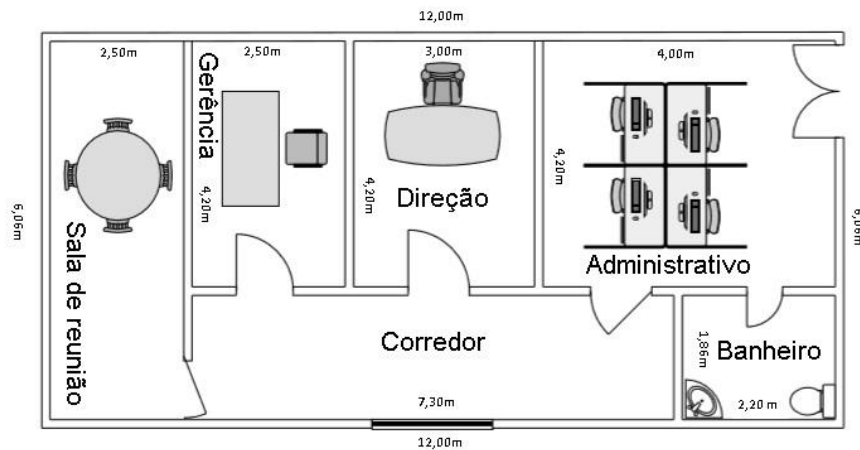
**Figura 33 - Mapa informativo da localização escolhida (Fonte: Google Maps)**

Localizado no bairro Vila Nova, o galpão encontra-se na Rua Doutor Sóter de Araújo nº 21, aproximadamente 20 minutos da avenida Pres. Getúlio Dorneles, principal via de entrada e saída da cidade de Santos. Cidade esta, potencial consumidora do produto no mercado da Baixada Santista.

Idealizado em formato de planta, pode-se ilustrar conforme Figura 34:



**Figura 34 - Planta baixa do galpão. (Fonte: Autoria Própria, 2018)**



**Figura 35 - Planta baixa salas administrativas (Fonte: Autorial Própria, 2018)**

### 4.3 CUSTOS DE PRODUÇÃO

Os cálculos de custos seguem uma lógica e organização de dados, de forma a facilitar o entendimento da influência de cada ponto do empreendimento, conforme explicação abaixo:

“O custo de produção é composto pelos custos diretos (mão de obra, materiais, operações de máquinas), e os custos indiretos, que não se associam diretamente à atividade (mão de obra indireta, depreciação de máquinas e construções, administração, serviços, etc.)” (NACHILUK, 2012)

### 4.4 CUSTO DO LOCAL

O custo do local envolve o valor do aluguel e custos de adequação e mobiliário. O aluguel deste galpão selecionado é de R\$ 4.000,00 mensais, com um Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) de R\$ 279,25.

Item	Valor Mensal (R\$)
Aluguel	R\$ 4.000,00
IPTU	R\$ 279,25
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 4.279,25</b>

**Tabela 10 - Custos referentes ao aluguel e IPTU do imóvel (Fonte: Autorial Própria, 2018)**

Como o galpão possui duas salas, além dos banheiros, uma delas contendo encanamento com saída de água, esta sala será utilizada como uma copa. Para isto, será feita uma reforma, tornando-a adequada para a finalidade. Além disto, será necessário montar divisórias na sala restante, visando organizar os funcionários do setor administrativo. Considerando as alterações citadas, estará sendo alocado um valor de R\$ 5.000,00, incluso nos cálculos de investimento, suprimindo todos os gastos com a reforma em questão.

Para mobiliar as áreas administrativa e operacional da empresa, será alocado um valor aproximado de R\$ 6.000,00 (visando cobrir variações de valores), este tem como base a pesquisa de custos feita:

<b>Mobiliário</b>			
<b>Item</b>	<b>Qtde.</b>	<b>Valor Unitário (R\$)</b>	<b>TOTAL (R\$)</b>
Mesas	6	R\$ 156,90	R\$ 941,40
Cadeiras	6	R\$ 179,99	R\$ 1.079,94
Armário Grande Fechado	1	R\$ 379,00	R\$ 379,00
Armário Pequeno Fechado	2	R\$ 130,90	R\$ 261,80
Estante	1	R\$ 176,44	R\$ 176,44
Mesa para Copa	1	R\$ 259,90	R\$ 259,90
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 3.098,48</b>

**Tabela 11 – Valores considerados para móveis (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Desta maneira, totaliza-se um valor de R\$ 11.000,00, investido para a adequação do espaço para o início das atividades.

#### **4.4.1 Custo de transporte**

Para o envio dos produtos aos clientes dentro do estado de São Paulo, será considerado o transporte através de transportadoras e para isto está sendo alocado um valor de R\$ 200,00 para o transporte de cada exoesqueleto. Este valor tem como base a média dos valores apresentados pelo simulador do fornecedor Jadlog para cinco CEPs localizados em extremidades no estado de São Paulo.

Quando houver demanda fora do estado, o custo do frete ficará sobre responsabilidade do cliente, podendo optar pelo serviço dos correios ou transportadora de preferência. Isto porque a demanda pelo produto fora do estado é relativamente baixa, quando comparada com a do estado de São Paulo, tornando inviável assumir os custos sobre fretes para todo o Brasil.

#### **4.4.2 Custo de energia elétrica**

O consumo de energia elétrica previsto para o projeto foi calculado de acordo com a tarifa apresentada pela distribuidora responsável pela cidade de Santos, que é a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL).

<b>Consumo (R\$/kWh)</b>	<b>TUSD (R\$/kWh)</b>	<b>TE (R\$/kWh)</b>		
		<b>Verde</b>	<b>Amarela</b>	<b>Vermelha</b>
>220 kWh	R\$ 0,1731	R\$ 0,3287	R\$ 0,3387	R\$ 0,3787

**Tabela 12 - Tarifas para a cidade de Santos, segundo CPFL (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Para a tarifa utilizada no cálculo, foi considerada a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e a média entre as Tarifas de Energia (TE), visto que a segunda tarifa pode variar de acordo com a demanda populacional de energia elétrica e da disponibilidade de recursos para fornecer a mesma.

Produto	Potência (KW)	Qtde.	Horas/mês	Consumo Médio Mensal (kWh)	Tarifa (R\$/kW)	Custo Mensal
Ar condicionado 18000 BTUS	1,12	2	160	358,40	R\$ 0,52	R\$ 187,03
Ar condicionado 12000 BTUS	0,727	1	160	116,27	R\$ 0,52	R\$ 60,67
Moto compressor	1,50	1	160	240	R\$ 0,52	R\$ 125,24
Furadeira/Parafusadeira	0,0054	3	160	2,592	R\$ 0,52	R\$ 1,35
Notebook	0,03	3	160	14,4	R\$ 0,52	R\$ 7,51
Telefone	0,02	5	160	16	R\$ 0,52	R\$ 8,35
Microondas	0,7	1	160	112	R\$ 0,52	R\$ 58,45
Geladeira	0,26	1	160	41,6	R\$ 0,52	R\$ 21,71
Filtro de Água Potável	0,07	1	160	11,2	R\$ 0,52	R\$ 5,84
Cafeteira	0,55	1	160	88	R\$ 0,52	R\$ 45,92
Impressora	0,01	1	160	1,6	R\$ 0,52	R\$ 0,83
Ferro de Solda	0,06	1	160	9,6	R\$ 0,52	R\$ 5,01
Lâmpadas (Linha de MONTAGEM)	0,04	6	160	38,4	R\$ 0,52	R\$ 20,04
Lâmpadas (Escritórios e Banheiros)	0,012	4	160	7,68	R\$ 0,52	R\$ 4,01
<b>Total</b>				1057,74	R\$ 0,52	R\$ 551,97

**Tabela 13 - Consumo Médio Mensal de Energia Elétrica (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

#### 4.4.3 Custo com consumo de água e tratamento de esgoto

O consumo médio de água e tratamento de esgoto para a empresa foi calculado de acordo com as tarifas coletadas diretamente com a distribuidora responsável pela cidade de Santos, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

Faixa de Consumo (m³)	Tarifa (R\$)		
	Água	Esgoto	Correspondência
Até 10	R\$ 50,20	R\$ 50,20	Mês
11 à 20	R\$ 9,77	R\$ 9,77	m³
21 à 50	R\$ 18,71	R\$ 18,71	m³
Acima 50	R\$ 19,50	R\$ 19,50	m³

**Tabela 14 - Tarifas utilizadas pela SABESP (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Considerando o galpão escolhido para estabelecer a empresa e seus respectivos pontos de utilização de água, pode-se calcular o consumo médio estimado de água, de acordo com a Tabela 16:

Consumo Mensal de Água				
Equipamentos	Qtde.	Consumo por Dia (m³)	Dias	Total (m³)
Torneira	3	0,3	20	6
Vaso Sanitário	2	0,06	20	1,2
Filtro de Água Potável	1	0,007	20	0,14
<b>TOTAL</b>				7,34

**Tabela 15 - Consumo estimado para o projeto (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Consolidando as tarifas encontradas na tabela anterior e o consumo estimado apresentado, é possível encontrar o custo correspondente ao consumo médio estimado de água.

Custo Mensal Total	
Água	Esgoto
R\$ 368,47	R\$ 368,47
Total	
R\$ 736,94	

**Tabela 16 - Valores totais para o consumo de água e tratamento de esgoto (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

#### 4.4.4 Custo com componentes

Para calcular o custo estimado com os componentes necessários para a montagem de exoesqueletos, foi feita a pesquisa de valores referentes aos mesmos. Os quantitativos foram considerados de acordo com a demanda mensal calculada, ou seja, 100 exoesqueletos por mês.

Componentes (Mensal)			
Descritivo	Quantidade	Valor Unit.	Total Mensal (R\$)
Polia De Alumínio 1 Canal A - Diâmetro De 100mm	1000	R\$ 18,51	R\$ 18.510,00
Barra de Alumínio 6351 - Perfil Retangular - 1/2"x1" - mm	285000	R\$ 0,04	R\$ 11.730,60
Cabo de Aço Galvanizado 1/8 - 1m	600	R\$ 7,90	R\$ 4.740,00
Parafusos	3000	R\$ 0,10	R\$ 300,00
Arruelas	6000	R\$ 0,10	R\$ 600,00
Porcas	3000	R\$ 0,10	R\$ 300,00
Tubo de Latex 10mm (interno) e 14mm (externo) - 1m	300	R\$ 11,00	R\$ 3.300,00
Malha Náutica Flexfit Expansível 15mm (nylon Braid)	300	R\$ 7,50	R\$ 2.250,00
Vergalhão Redondo Maciço (tarugo) Alumínio 3/4" - 50 Cm	200	R\$ 16,50	R\$ 3.300,00
Abraçadeira	1200	R\$ 0,80	R\$ 960,00
Espigão Macho	600	R\$ 1,00	R\$ 600,00
Transistor NPN	100	R\$ 0,60	R\$ 60,00
Potenciometro	100	R\$ 1,38	R\$ 138,00
Arduino UNO	100	R\$ 30,82	R\$ 3.082,00
Push Button	100	R\$ 0,20	R\$ 20,00
Diodo	100	R\$ 0,32	R\$ 32,00
Rele 5V	100	R\$ 2,52	R\$ 252,00
Led Verde	100	R\$ 0,15	R\$ 15,00
LCD Alphanumerico 16x2	100	R\$ 19,90	R\$ 1.990,00
Sensor de pressão absoluta	100	R\$ 99,89	R\$ 9.989,00
Resistor 330 Ohms	500	R\$ 0,30	R\$ 150,00
Fonte de Tensão DC	100	R\$ 26,00	R\$ 2.600,00
Placa de Fenolite Virgem 10x10 cm	100	R\$ 3,06	R\$ 306,00
Tubo de Conexão de Ar Comprimido	100	R\$ 18,70	R\$ 1.870,00
Válvula Solenóide 3/4 X 3/4 Para Baixa Pressão	400	R\$ 26,00	R\$ 10.400,00
Cadeira de Escalada	100	R\$ 116,00	R\$ 11.600,00
Estanho em fio 10 mm 40 x 60 com 500 g Vonder	1	R\$ 54,90	R\$ 54,90
Bobina Espuma 11 Mm Polietileno Expandido 1,00 x 6 = 6m <sup>2</sup>	25	R\$ 74,00	R\$ 1.850,00
Cola para metal, pedra e plástico Flexite 50g Cascola	100	R\$ 6,71	R\$ 671,00
Fita Nylon De 25mm Rolo Com 25m (cores Diversas)	8	R\$ 39,00	R\$ 312,00
Fecho, trava para fita de nylon - 25mm (kit 100 Pçs)	4	R\$ 56,90	R\$ 227,60
<b>Total</b>		R\$ 640,90	R\$ 92.210,10

**Tabela 17 - Custo total estimado para os componentes (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

#### 4.4.5 Custo com habilidades e mão-de-obra

Para o estimar o custo total atrelado aos funcionários da empresa foram considerados os pisos salariais ajustados de acordo com os últimos reajustes divulgados e calculados tributos e obrigações de contrato via CLT, como INSS, FGTS, férias anuais (1/3 a mais do salário convencional), 13º salário e Vale Transporte.

Cargo	Qtde.	Piso salarial	Total/Cargo (R\$)	Total (R\$)
Mecânico Montador	2	R\$ 1.986,23	R\$ 7.416,36	R\$ 14.832,72
Auxiliar Eletrônica	1	R\$ 1.986,23	R\$ 7.416,36	R\$ 7.416,36
Administrativo - faturamento e financeiro	2	R\$ 2.265,36	R\$ 8.436,12	R\$ 16.872,23
Auxiliar Limpeza	1	R\$ 1.108,38	R\$ 4.209,28	R\$ 4.209,28
Administrativo - Compras	1	R\$ 2.265,36	R\$ 8.436,12	R\$ 8.436,12
Gerente Comercial	1	R\$ 4.372,82	R\$ 16.237,74	R\$ 16.237,74
Diretor	1	R\$ 6.348,45	R\$ 23.573,91	R\$ 23.573,91
<b>TOTAL</b>			R\$ 75.725,88	R\$ 91.578,36

**Tabela 18 - Custos mensais estimados na folha de pagamentos (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

## 5 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

A definição da estrutura organizacional de uma empresa está diretamente ligada com a designação e as responsabilidades atribuídas a cada função. Englobam autoridades, comunicações e decisões das funções organizacionais. (REZENDE *apud* TOMBA *et al*, 2015)

A relação de níveis hierárquicos através da estruturação de atividades e processos, determinam também a comunicação interna (entre os próprios colaboradores) e externa (com clientes e distribuidores).

### 5.1 CENTRAL DE CUSTOS

Os centros de custos determinam os custos relacionados a cada setor da cadeia produtiva, a fim de facilitar o controle dos gastos, portanto para esse projeto, foram definidos:

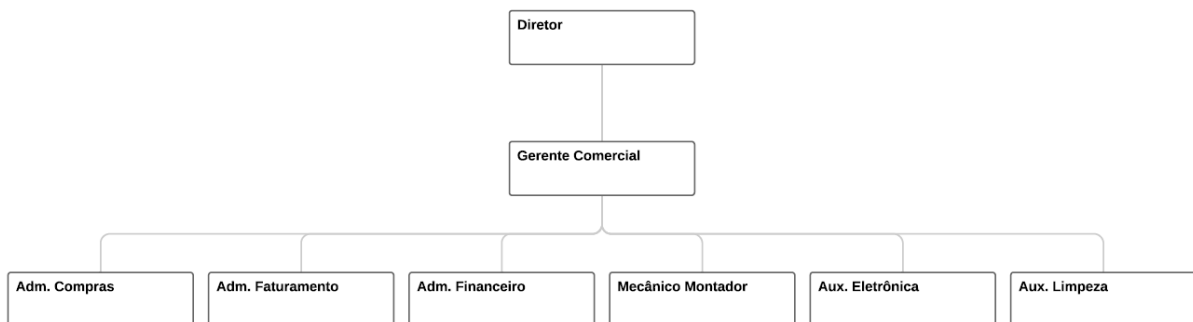
- operacional: serão alocados os custos para a montagem dos equipamentos, engloba a administração de inventário de estoques e ferramentas, testes e demais gastos pertinentes ao setor;
- administrativo: serão alocados os custos relacionados à administração e manutenção da fábrica. como exemplos: materiais de escritório, compra de peças e componentes para reposição de estoques, telefone, internet, serviços de limpeza, recursos humanos e tecnologia da informação;
- comercial: alocação de custos relacionados abordagem de clientes e parcerias, divulgação da marca e despesas gerais relacionadas à publicidade;

- estratégico: o centro de custo que comportará os custos relacionados à gestão da empresa, supervisão da gestão dos setores. são os custos originados pela gerência e diretoria.

## 5.2 ORGANOGRAMA

O organograma nada mais é do que um esquema visual, organizado de modo a facilitar a visualização de níveis hierárquicos e separação de setores.

Na Figura 36 foi desenvolvido o organograma desta empresa:



**Figura 36 - Organograma (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

## 6 VIABILIDADE ECONÔMICA

O estudo da viabilidade econômica de um projeto tem como objeto a avaliação e interpretação das previsões financeiras feitas para os anos de vigência do mesmo. Com isto, este estudo é utilizado não somente para verificar a possibilidade de colocar o projeto em prática, como também é utilizado para que o mesmo apresente os melhores resultados possíveis. Visto que o projeto aqui apresentado trata-se de uma empresa, primeiramente é necessário entender sua classificação e seu regime tributário, possibilitando a projeção de suas receitas.

### 6.1 ENQUADRAMENTO

O enquadramento de empresas é feito de acordo com o porte, determinado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Desta forma a empresa pode atuar de maneira adequada, em cada um dos segmentos, conforme Tabela 19:

Classificação	Receita Operacional Bruta Anual ou Renda Anual
Microempresa	Menor ou igual a R\$ 300 mil
Pequena Empresa	Maior que R\$ 300 mil e menor ou igual a R\$ 4,8 milhões
Média Empresa	Maior que R\$ 4,8 milhões e menor ou igual a R\$ 300 milhões
Grande Empresa	Maior que R\$ 300 milhões

**Tabela 19 - Classificação de empresas. (Fonte: BNDES)**

Conforme detalhado nos próximos itens, a empresa apresenta uma receita operacional bruta de R\$ 4.200.000,00 sendo classificada como “Pequena Empresa”.

## 6.2 CLASSIFICAÇÃO TRIBUTÁRIA

Levando em consideração o Código Tributário Nacional, para empresas de faturamento até R\$ 4,2 milhões (micros e pequenas empresas) deverá ser aplicado o regime tributário denominado Simples Nacional. Este baseia-se na simplificação da tributação para empresas de menor porte, para que isto seja possível, o mesmo faz uso de alíquotas nominais e descontos fixos que variam de acordo com o ramo em que a empresa se insere e também a receita operacional bruta anual da mesma. Esta alíquota nominal é utilizada no cálculo do percentual a ser tributado do faturamento anual da empresa, denominado alíquota efetiva, percentual este que contemplará todos os impostos a serem pagos.

Primeiramente as alíquotas são separadas entre grupos, sendo estes: Comércio, Indústria e Serviços. Posteriormente são classificadas entre faixas de faturamento, definindo a partir daí a repartição para cada um dos tributos condizentes com as atividades da empresa. Baseando-se na última atualização do Anexo II da Lei Complementar nº 123, a empresa encaixa-se no grupo Indústria, dentro da faixa de faturamento de R\$ 3.600.000,00 a 4.800.000,00, sendo assim estipulada a alíquota nominal de 30% e o desconto fixo de R\$ 720.000,00. Para o cálculo do percentual a ser tributado, consideram-se os valores apresentados e a fórmula matemática 23 (PLANALTO, 2018):

$$Ae = \frac{(Rbt12.Aliq) - PD}{Rbt12} \quad (23)$$

Sendo:

Ae – Alíquota efetiva;

Rbt12 – Receita operacional bruta anual;

Aliq – Alíquota nominal de acordo com os Anexos I a V (Lei Complementar nº 123);

PD – Desconto fixo de acordo com os Anexos I a V (Lei Complementar nº 123).

A partir da desta fórmula chegou-se a um percentual efetivo de 12,86%.

### 6.2.1 Detalhamento de alíquotas

O percentual calculado, engloba todos os tributos condizentes com a realidade em que a empresa se situa, sejam estes referentes ao faturamento ou ao porte da mesma. Abaixo é possível verificar o detalhamento da repartição dos tributos:

- PIS (Programa de Integração Social) – 4,54% ;
- COFINS (Contribuição para Financiamento da Seguridade Social) – 20,96% ;
- IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) – 35,00%;
- ICMS (Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias) – 0,00%;
- CPP (Contribuição Previdenciária Patronal) – 23,50%;
- IRPJ (Imposto sobre a Renda das Pessoas Jurídicas) – 8,50% ;
- CSLL (Contribuição Social sobre o Lucro Líquido) - 7,50% ;

### 5.2.2. Custos fixos

Custo fixo pode ser definido como custo que não apresenta variações de acordo com mudanças na produção ou nas vendas. Para isto, os custos fixos apresentados na Tabela 20 foram compostos por: Folha de Pagamentos e Aluguel.

Custos Fixos	
Item	Custo Mensal (R\$)
Aluguel + IPTU	R\$ 4.279,25
Folha de Pagamentos	R\$ 91.578,36
<b>TOTAL</b>	R\$ 95.857,61

Tabela 20 - Custos fixos consolidados (Fonte: Autoria Própria, 2018)

### 6.2.3 Custos variáveis

Custo variável pode ser definido como custo diretamente proporcional à produção dos bens ou serviços, ou seja, em caso de variação nos níveis de produção ou vendas, estes são diretamente afetados. Neste projeto, os custos variáveis são compostos por: Componentes, Energia Elétrica, Depreciação, Água e Esgoto, Internet e Telefone, Embalagem e Transporte.

Para a depreciação foi considerada a taxa de depreciação anual para cada um dos equipamentos e ativos, de acordo com seus respectivos NCM (Nomenclatura Comum ao Mercosul), conforme estipulado pela Receita Federal.

	Item	Qtde.	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)	Taxa de Depreciação (a.a)	Depreciação (a.a)	Depreciação (a.m)
Equipamentos	Compressor de Ar Comprimido	1	R\$ 429,00	R\$ 429,00	10%	R\$ 42,90	R\$ 3,58
	Notebook	1	R\$ 905,99	R\$ 905,99	20%	R\$ 181,20	R\$ 15,10
	Furadeiras/Parafusadeiras	3	R\$ 189,00	R\$ 567,00	10%	R\$ 56,70	R\$ 4,73
	Kit de Chaves de Fendas	1	R\$ 139,99	R\$ 139,99	20%	R\$ 28,00	R\$ 2,33
	Kit de Chaves de Boca	1	R\$ 29,00	R\$ 29,00	20%	R\$ 5,80	R\$ 0,48
	Bancada	4	R\$ 649,99	R\$ 2.599,96	10%	R\$ 260,00	R\$ 21,67
	Armário de Ferramentas	1	R\$ 454,40	R\$ 454,40	10%	R\$ 45,44	R\$ 3,79
	Bancos para Bancadas	4	R\$ 129,63	R\$ 518,52	10%	R\$ 51,85	R\$ 4,32
Ativos	Ferro de Solda	1	R\$ 92,35	R\$ 92,35	10%	R\$ 9,24	R\$ 0,77
	Geladeira	1	R\$ 979,00	R\$ 979,00	10%	R\$ 97,90	R\$ 8,16
	Cafeteira	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00	10%	R\$ 3,00	R\$ 0,25
	Impressora	1	R\$ 176,70	R\$ 176,70	10%	R\$ 17,67	R\$ 1,47
	Microondas	1	R\$ 279,00	R\$ 279,00	10%	R\$ 27,90	R\$ 2,33
	Ar condicionado 18000 BTUs	2	R\$ 1.265,00	R\$ 2.530,00	10%	R\$ 253,00	R\$ 21,08
	Ar condicionado 12000 BTUs	1	R\$ 1.018,00	R\$ 1.018,00	10%	R\$ 101,80	R\$ 8,48
	Filtro de Água	1	R\$ 189,05	R\$ 189,05	10%	R\$ 18,91	R\$ 1,58
	Mobiliário	1	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	10%	R\$ 350,00	R\$ 29,17
	Telefone	5	R\$ 89,00	R\$ 445,00	0%	R\$ -	R\$ -
<b>TOTAL</b>				R\$ 14.882,96	<b>TOTAL</b>	R\$ 1.551,29	R\$ 129,27

**Tabela 21 - Calculo de depreciação anual (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Consolidando os custos anteriormente apresentados com a depreciação, é possível encontrar o valor total estimado para os custos variáveis:

Custos Variáveis			
Item	Qtde.	Valor Unitário (R\$)	Total Mensal (R\$)
Componentes	1	R\$ 92.210,10	R\$ 92.210,10
Energia Elétrica	1	R\$ 586,85	R\$ 586,85
Água + Esgoto	1	R\$ 736,94	R\$ 736,94
Internet + Telefone	1	R\$ 104,99	R\$ 104,99
Depreciação	1	R\$ 129,27	R\$ 129,27
Transporte	100	R\$ 200,00	R\$ 20.000,00
Embalagem	100	R\$ 50,00	R\$ 5.000,00
<b>TOTAL</b>			R\$ 118.768,15

**Tabela 22 - Custos variáveis consolidados (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

### 6.3 CENÁRIOS

Para finalizar os estudos de viabilidade econômica, resta a definição da estrutura de capital a ser usada no projeto. A estrutura é composta por três tipos de capitais, o próprio, o de terceiros e o de financiamento, onde o de terceiros e o de financiamento têm seus custos expressos de acordo com o praticado no mercado financeiro, enquanto o próprio varia de acordo com a expectativa de retorno (FRANCO, 2018). Com isto, inicialmente foi verificado qual a quantia de investimento necessária para que fosse possível dar início nas atividades da empresa e posteriormente foram elaborados demonstrativos de resultados baseados em dois cenários, um com capital próprio e outro com capital de investimento.

Para ambos os cenários e seus respectivos demonstrativos de resultados, as despesas operacionais e administrativas foram consideradas como iguais, estas são:

Despesas Operacionais			
Item	Qtde.	Valor Unitário (R\$)	Total Mensal (R\$)
Energia Elétrica	1	R\$ 551,97	R\$ 551,97
Embalagem	100	R\$ 50,00	R\$ 5.000,00
Folha de Pagamentos (Operacional)	1	R\$ 22.249,08	R\$ 22.249,08
<b>TOTAL</b>			R\$ 27.801,05

Tabela 23 - Despesas definidas como operacionais (Fonte: Autoria Própria, 2018)

Despesas Administrativas			
Item	Qtde.	Valor Unitário (R\$)	Total Mensal (R\$)
Transporte	100	R\$ 200,00	R\$ 20.000,00
Aluguel + IPTU	1	R\$ 4.279,25	R\$ 4.279,25
Internet + Telefone	1	R\$ 104,99	R\$ 104,99
Água e Esgoto	1	R\$ 241,12	R\$ 241,12
Folha de Pagamentos (Administrativo)	1	R\$ 69.329,28	R\$ 69.329,28
<b>TOTAL</b>			R\$ 93.954,64

Tabela 24 - Despesas definidas como administrativas (Fonte: Autoria Própria, 2018)

Além disto, foi utilizada a expressão matemática (24) de contabilidade básica, para a definição do Custo da Mercadoria Vendida (CMV) em cada um dos meses do projeto (RIBEIRO, 2013):

$$CMV = EI + C - EF \quad (24)$$

sendo:

EI – Estoque inicial;

C – Compra feita no período;

EF – Estoque final.

Para isto foi considerado um estoque inicial referente a três meses de fabricação e um estoque de segurança equivalente a dois meses. Isto resulta em um custo de mercadoria vendida anual de R\$ 1.106.521,20, conforme vemos na tabela 25:

Item	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Estoque Inicial	R\$ 2.305.252,50	R\$ 2.213.042,40	R\$ 2.213.042,40	R\$ 2.213.042,40	R\$ 2.213.042,40
Compra Mensal	R\$ 1.014.311,10	R\$ 1.106.521,20	R\$ 1.106.521,20	R\$ 1.106.521,20	R\$ 1.106.521,20
Estoque Final	R\$ 2.213.042,40	R\$ 2.213.042,40	R\$ 2.213.042,40	R\$ 2.213.042,40	R\$ 2.213.042,40
<b>CMV</b>	<b>-R\$ 1.106.521,20</b>	<b>-R\$ 1.106.521,20</b>	<b>-R\$ 1.106.521,20</b>	<b>-R\$ 1.106.521,20</b>	<b>-R\$ 1.106.521,20</b>

Tabela 25 - Custo de mercadoria vendida anual (Fonte: Autoria Própria, 2018)

### 6.3.1 Investimento inicial

Após encontrar todos os custos atrelados ao projeto, foi verificado que para que as atividades se iniciassem seria necessário investir aproximadamente R\$ 700.000,00 (conforme Tabela 26).

Segundo DOING BUSINESS (2018), estima-se que para abertura de uma empresa no Brasil deve ser considerado um valor equivalente a 5% do PIB (Produto Interno Bruto) per capita. Levando em consideração que o último valor apresentado pelo IBGE (2016), R\$ 30.407,00, pode-se chegar ao valor de R\$ 1.520,35.

Tomando como mínimo o valor calculado e visando contemplar todos os custos referentes a documentação, foi considerado um valor de R\$ 3.000,00. Isto porque podem haver custos adicionais e valores reajustados.

	Item	Qtde.	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)
<b>Equipamentos</b>	Compressor de Ar Comprimido	1	R\$ 429,00	R\$ 429,00
	Notebook	8	R\$ 905,99	R\$ 7.247,92
	Furadeiras/Parafusadeiras	3	R\$ 189,00	R\$ 567,00
	Kit de Chaves de Fendas	1	R\$ 139,99	R\$ 139,99
	Kit de Chaves de Boca	1	R\$ 29,00	R\$ 29,00
	Ferro de Solda	1	R\$ 92,35	R\$ 92,35
<b>Ativos</b>	Geladeira	1	R\$ 999,00	R\$ 999,00
	Cafeteira	1	R\$ 52,90	R\$ 52,90
	Impressora	1	R\$ 178,00	R\$ 178,00
	Microondas	1	R\$ 289,00	R\$ 289,00
	Ar condicionado 18000 BTUs	2	R\$ 1.265,00	R\$ 2.530,00
	Ar condicionado 12000 BTUs	1	R\$ 1.018,00	R\$ 1.018,00
	Telefones	5	R\$ 89,00	R\$ 445,00
	Mobiliário (Administrativo e Operacional)	1	R\$ 7.300,00	R\$ 7.300,00
	Filtro de Água	1	R\$ 131,90	R\$ 131,90
<b>Custos Administrativos</b>	Água e Esgoto (3 meses)	1	R\$ 723,37	R\$ 723,37
	Energia Elétrica (3 meses)	1	R\$ 1.760,55	R\$ 1.760,55
	Internet + Telefone (3 meses)	1	R\$ 314,97	R\$ 314,97
	Aluguel + IPTU (3 meses)	1	R\$ 12.837,75	R\$ 12.837,75
	Folha de Pagamentos ADM (3 meses)	1	R\$ 207.987,83	R\$ 207.987,84
	Transporte (3 meses)	1	R\$ 60.000,00	R\$ 60.000,00
	Materiais de Escritório	1	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
	Reforma	1	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
<b>Custos Operacionais</b>	Componentes (3 meses)	1	R\$ 276.630,30	R\$ 276.630,30
	Embalagem (3 meses)	1	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
	Folha de Pagamentos OP (3 meses)	1	R\$ 66.747,24	R\$ 66.747,24
<b>Documentação</b>	Documentação para Abertura de Empresa	1	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 672.451,08</b>

Tabela 26 - Itens previstos para investimento inicial (Fonte: Autoria Própria, 2018)

### 6.3.2 Capital próprio

Para a simulação deste cenário, não foi considerado nenhum tipo de financiamento ou empréstimo, ou seja, parte-se do princípio de que os investidores e/ou sócios possuam todo o capital necessário para o início das atividades da empresa.

O demonstrativo presente, trata-se um resumo para o período de 5 anos, considerando as condições citadas (a versão detalhada mês a mês encontra-se no Apêndice D).

Cenário 1	Alíquota	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
<b>Demanda (unid.)</b>		1200	1200	1200	1200	1200
Preço		R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00
<b>Receita Operacional Bruta</b>		R\$ 4.200.000,00	R\$ 4.200.000,00	R\$ 4.200.000,00	R\$ 4.200.000,00	R\$ 4.200.000,00
<b>Simplex Nacional</b>		R\$ 540.000,00	R\$ 540.000,00	R\$ 540.000,00	R\$ 540.000,00	R\$ 540.000,00
(-) IPI	35%	-R\$ 189.000,00	-R\$ 189.000,00	-R\$ 189.000,00	-R\$ 189.000,00	-R\$ 189.000,00
(-) Descontos	0%	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
(-) ICMS	0%	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
(-) PIS	4,54%	-R\$ 24.516,00	-R\$ 24.516,00	-R\$ 24.516,00	-R\$ 24.516,00	-R\$ 24.516,00
(-) COFINS	20,96%	-R\$ 113.184,00	-R\$ 113.184,00	-R\$ 113.184,00	-R\$ 113.184,00	-R\$ 113.184,00
<b>Receita Operacional Líquida</b>		R\$ 3.873.300,00	R\$ 3.873.300,00	R\$ 3.873.300,00	R\$ 3.873.300,00	R\$ 3.873.300,00
(-) Custo de Mercadoria Vendido (CMV)		-R\$ 1.106.521,20	-R\$ 1.106.521,20	-R\$ 1.106.521,20	-R\$ 1.106.521,20	-R\$ 1.106.521,20
<b>Margem Bruta de Contribuição</b>		R\$ 2.766.778,80	R\$ 2.766.778,80	R\$ 2.766.778,80	R\$ 2.766.778,80	R\$ 2.766.778,80
(-) Despesas Operacionais		-R\$ 250.209,46	-R\$ 333.612,61	-R\$ 333.612,61	-R\$ 333.612,61	-R\$ 333.612,61
(-) Despesas Administrativas		-R\$ 845.591,76	-R\$ 1.127.455,68	-R\$ 1.127.455,68	-R\$ 1.127.455,68	-R\$ 1.127.455,68
(-) CPP	23,50%	-R\$ 126.900,00	-R\$ 126.900,00	-R\$ 126.900,00	-R\$ 126.900,00	-R\$ 126.900,00
<b>Margem Líquida de Contribuição</b>		R\$ 1.544.077,58	R\$ 1.178.810,51	R\$ 1.178.810,51	R\$ 1.178.810,51	R\$ 1.178.810,51
(-) Depreciação		-R\$ 1.201,29	-R\$ 1.201,29	-R\$ 1.201,29	-R\$ 1.201,29	-R\$ 1.201,29
<b>Lucro Antes IRPJ CSLL</b>		R\$ 1.542.876,29	R\$ 1.177.609,21	R\$ 1.177.609,21	R\$ 1.177.609,21	R\$ 1.177.609,21
IRPJ	8,50%	-R\$ 45.900,00	-R\$ 45.900,00	-R\$ 45.900,00	-R\$ 45.900,00	-R\$ 45.900,00
CSLL	7,50%	-R\$ 40.500,00	-R\$ 40.500,00	-R\$ 40.500,00	-R\$ 40.500,00	-R\$ 40.500,00
<b>Resultado Líquido</b>		R\$ 1.456.476,29	R\$ 1.091.209,21	R\$ 1.091.209,21	R\$ 1.091.209,21	R\$ 1.091.209,21

Tabela 27 – Demonstrativo de resultados considerando capital próprio (Fonte: Autoria Própria, 2018)

### 6.3.3 Capital de investimento

Para este cenário, foi considerado o financiamento do valor estipulado como investimento inicial, através do BNDES. Assim, partindo do princípio de que os investidores e/ou sócios não possuam todo o capital necessário para o início das atividades da empresa.

A verificação das condições de financiamento foi feita no simulador de financiamentos da própria repartição no dia 11 de outubro de 2018. Este apresentou a taxa de juros anual de 13,52%, com 60 parcelas mensais. Apesar de usar o sistema SAC para esta simulação, o primeiro ano não possui a amortização igual aos outros, visto que nesta simulação é obrigatório que nos três primeiros meses sejam pagos somente os valores referentes aos juros sobre o valor financiado.

Fluxo Anual	Juros	Amortização	Prestação	Saldo Final
Ano 0	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 700.000,00
Ano 1	R\$ 84.774,30	R\$ 110.526,30	R\$ 195.300,60	R\$ 589.473,70
Ano 2	R\$ 66.533,34	R\$ 147.368,43	R\$ 213.901,77	R\$ 442.105,28
Ano 3	R\$ 47.747,46	R\$ 147.368,43	R\$ 195.115,89	R\$ 294.736,85
Ano 4	R\$ 28.961,58	R\$ 147.368,43	R\$ 176.330,01	R\$ 147.368,43
Ano 5	R\$ 10.175,70	R\$ 147.368,43	R\$ 157.544,13	R\$ -

**Tabela 28 - Fluxo de financiamento ao longo de 5 anos (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

O demonstrativo presente, trata-se de um resumo para o período de 5 anos, considerando as condições citadas (a versão detalhada mês a mês encontra-se no Apêndice E).

Cenário 2	Alíquota	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
<b>Demanda (unid.)</b>		R\$ 1.200,00	R\$ 1.200,00	R\$ 1.200,00	R\$ 1.200,00	R\$ 1.200,00
Preço		R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00
<b>Receita Operacional Bruta</b>		R\$ 4.200.000,00	R\$ 4.200.000,00	R\$ 4.200.000,00	R\$ 4.200.000,00	R\$ 4.200.000,00
(-) IPI	35%	-R\$ 189.000,00	-R\$ 189.000,00	-R\$ 189.000,00	-R\$ 189.000,00	-R\$ 189.000,00
(-) Descontos	0%	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
(-) ICMS	0%	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
(-) PIS	4,54%	-R\$ 24.516,00	-R\$ 24.516,00	-R\$ 24.516,00	-R\$ 24.516,00	-R\$ 24.516,00
(-) COFINS	20,96%	-R\$ 113.184,00	-R\$ 113.184,00	-R\$ 113.184,00	-R\$ 113.184,00	-R\$ 113.184,00
<b>Receita Operacional Líquida</b>		R\$ 3.873.300,00	R\$ 3.873.300,00	R\$ 3.873.300,00	R\$ 3.873.300,00	R\$ 3.873.300,00
(-) Custo de Mercadoria Vendida (CMV)		-R\$ 1.106.521,20	-R\$ 1.106.521,20	-R\$ 1.106.521,20	-R\$ 1.106.521,20	-R\$ 1.106.521,20
<b>Margem Bruta de Contribuição</b>		R\$ 2.766.778,80	R\$ 2.766.778,80	R\$ 2.766.778,80	R\$ 2.766.778,80	R\$ 2.766.778,80
(-) Despesas Operacionais		-R\$ 250.209,46	-R\$ 333.612,61	-R\$ 333.612,61	-R\$ 333.612,61	-R\$ 333.612,61
(-) Despesas Administrativas		-R\$ 845.591,76	-R\$ 1.127.455,68	-R\$ 1.127.455,68	-R\$ 1.127.455,68	-R\$ 1.127.455,68
(-) CPP	23,50%	-R\$ 126.900,00	-R\$ 126.900,00	-R\$ 126.900,00	-R\$ 126.900,00	-R\$ 126.900,00
<b>Margem Líquida de Contribuição</b>		R\$ 1.544.077,58	R\$ 1.178.810,51	R\$ 1.178.810,51	R\$ 1.178.810,51	R\$ 1.178.810,51
(-) Financiamento		-R\$ 195.300,60	-R\$ 213.901,74	-R\$ 195.115,86	-R\$ 176.329,98	R\$ 10.175,70
(-) Depreciação		-R\$ 1.201,29	-R\$ 1.201,29	-R\$ 1.201,29	-R\$ 1.201,29	-R\$ 1.201,29
<b>Lucro Antes IRPJ CSLL</b>		R\$ 1.347.575,69	R\$ 963.707,47	R\$ 982.493,35	R\$ 1.001.279,23	R\$ 1.187.784,91
IRPJ	8,50%	-R\$ 45.900,00	-R\$ 45.900,00	-R\$ 45.900,00	-R\$ 45.900,00	-R\$ 45.900,00
CSLL	7,50%	-R\$ 40.500,00	-R\$ 40.500,00	-R\$ 40.500,00	-R\$ 40.500,00	-R\$ 40.500,00
<b>Resultado Líquido</b>		R\$ 1.261.175,69	R\$ 877.307,47	R\$ 896.093,35	R\$ 914.879,23	R\$ 1.101.384,91

**Tabela 29 - Demonstrativo de resultados considerando capital de financiamento (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

## 6.4 RESULTADOS

Visando analisar os resultados de cada um dos cenários, utilizou-se dos métodos do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do *Payback* Descontado. Os dois primeiros tem como utilidade verificar o valor atual dos resultados obtidos pela empresa, levando em consideração um determinado intervalo de tempo, porém o VPL apresenta o valor atual do investimento, enquanto o TIR apresenta a taxa de juros necessária para alcançar o mesmo (PADOVEZE, 2010). Já terceiro avalia em quanto tempo o investimento será retornado (PIERO, 2004).

O valor presente líquido pode ser encontrado através da fórmula:

$$VPL = FC_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+TMA)^i} \quad (25)$$

sendo:

VPL – Soma do valor presente a todos os fluxos de caixa previstos no negócio;

$FC_0$  – Valor do fluxo de caixa no período 0, podendo ser chamado de investimento inicial;

$FC_i$  – Valor do fluxo de caixa em determinado período;

TMA – Taxa mínima de atratividade;

Já a taxa interna de retorno:

$$I(0) = \sum_{k=1}^n \frac{FF(k)}{(1+i)^k} \quad (26)$$

sendo:

$I(0)$  – Investimento inicial;

FF – Fluxos futuros;

$i$  – Taxa de juros;

Para o cálculo do valor presente líquido nos dois cenários foi considerada a taxa mínima de atratividade (TMA) de 10%, obtendo os valores apresentados na Tabela 30:

Valor Presente Líquido	
Cenário 1 - Capital Próprio	R\$ 3.768.602,42
Cenário 2 - Financiamento	R\$ 3.153.567,25

**Tabela 30 - Valores presentes líquidos obtidos para cada um dos cenários (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Os dois cenários apresentaram valores positivos, confirmando que ambos são viáveis economicamente, porém levando em consideração o valor obtido no primeiro cenário, pode-se dizer que o mesmo trará um retorno econômico maior. Isto se confirma ao verificar a taxa de retorno interno:

Taxa Interna de Retorno	
Cenário 1 - Capital Próprio	189,26%
Cenário 2 - Financiamento	158,77%

**Tabela 31 - Percentuais de retorno obtidos para cada um dos cenários (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Visando verificar o tempo de retorno do capital investido foi calculado o *payback* descontado para cada um dos cenários.

O cálculo do *Payback* pode ser representado pela expressão matemática (27):

$$\text{Período} + \left( \frac{\text{saldo negativo}}{\text{saldo positivo}} \right) \quad (27)$$

Sendo assim, foram resumidos os dados na Tabela 32, com saldo de todos os 5 anos e as parcelas descontadas.

- Cenário 1 – Capital Próprio

Ano	Parcela	Parcela Descontada	Saldo
0	-R\$ 700.000,00	-R\$ 700.000,00	-R\$ 700.000,00
1	R\$ 1.456.476,29	R\$ 1.324.069,35	R\$ 624.069,35
2	R\$ 1.091.209,21	R\$ 901.825,79	R\$ 1.525.895,14
3	R\$ 1.091.209,21	R\$ 819.841,63	R\$ 2.345.736,78
4	R\$ 1.091.209,21	R\$ 745.310,57	R\$ 3.091.047,35
5	R\$ 1.091.209,21	R\$ 677.555,07	R\$ 3.768.602,42
Nº de anos =			0,53

**Tabela 32 - *Payback* descontado para o cenário de capital próprio (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Conforme calculado, para este cenário o capital retornaria em 0,53 anos, ou seja, aproximadamente 7 meses.

- Cenário 2 – Financiamento

Ano	Parcela	Parcela Descontada	Saldo
0	-R\$ 700.000,00	-R\$ 700.000,00	-R\$ 700.000,00
1	R\$ 1.261.175,69	R\$ 1.146.523,35	R\$ 446.523,35
2	R\$ 877.307,47	R\$ 725.047,50	R\$ 1.171.570,85
3	R\$ 896.093,35	R\$ 673.248,20	R\$ 1.844.819,05
4	R\$ 914.879,23	R\$ 624.874,83	R\$ 2.469.693,87
5	R\$ 1.101.384,91	R\$ 683.873,38	R\$ 3.153.567,25
Nº de anos =			0,61

**Tabela 33 - *Payback* descontado para o cenário financiamento (Fonte: Autoria Própria, 2018)**

Conforme calculado, para este cenário o capital retornaria em 0,61 anos, um pouco mais do que 7 meses. Logo, tomando como base os três indicadores apresentados, pode-se concluir que dentre os dois cenários elaborados, o que deve ser escolhido é o primeiro.

## 7 CONCLUSÃO

Este trabalho abordou o desenvolvimento de um exoesqueleto como um dispositivo para reabilitação dos membros inferiores através de fisioterapia. O mesmo tem como objetivo tornar o produto mais competitivo em um mercado baseado em fornecedores internacionais, que conseqüentemente dependem das altas cotações do dólar e de impostos de importação para comercialização, e também ampliar o acesso de clínicas fisioterápicas a tecnologias assistivas, visando melhorar os processos de reabilitação de pessoas com algum tipo de limitação nos membros inferiores.

Uma pesquisa de mercado foi elaborada com 10 perguntas objetivas, que foram compartilhadas via redes sociais através de formulários virtuais, além dos formulários físicos distribuídos fisicamente em clínicas fisioterápicas. Isto possibilitou entender a necessidade do público alvo e a partir disto, foi possível dimensionar a demanda e definir o preço mínimo do produto.

Foi elaborado todo o projeto do produto, desenvolvendo a tecnologia desde a escolha dos componentes, materiais, até o processo de montagem. Neste ponto foi apresentado o diferencial do projeto, o músculo pneumático de fabricação própria, que permite que a empresa seja competitiva, tendo a oportunidade de oferecer valores mais acessíveis para a comercialização de um produto como o exoesqueleto.

Para tornar a produção para o público alvo possível, iniciou-se o estudo de mercado e também de produtividade. Elaborou-se a rede PERT referente ao processo de montagem, definindo assim o tempo e a criticidade de cada uma das atividades do processo de produção, determinando o tempo de 210 minutos como o tempo total de operação e 170 minutos sendo o tempo do caminho crítico de produção de um exoesqueleto. Este tempo é usado para cálculo de balanceamento dos postos de trabalho, que resultou em 3 operários para a montagem. Além disto, levando em consideração a atividades administrativas primordiais, estipulou-se um montante de 7 funcionários, visando atender setores como: financeiro, compras, faturamento, entre outros explicitados.

O passo seguinte foi o desenvolvimento do *layout* de fábrica e foi definido o tipo de *layout* mais adequado para este tipo de negócio. Foi necessário realizar uma análise, de acordo com a rede PERT estabelecida e também com base nas características de produção estabelecidas pela empresa. Por trabalhar especificamente com a montagem do produto, foi escolhido o *layout*

em célula, diminuindo os estoques, transporte do material e aumentando tanto a produtividade quanto a qualidade do processo.

Com o *layout* de fábrica em mãos, o processo de mensuração do espaço essencial para as atividades ficou mais fácil, visto que se tem como base as definições e características do processo de produção. Desta forma foram definidas as macro e micro localizações da empresa, a qual se situará na cidade de Santos, aproximadamente 6 minutos da saída e entrada da cidade, facilitando o acesso para recebimento de componentes de fabricação e também as coletas de transportadoras para entrega do produto.

As últimas etapas foram efetuados os levantamento dos custos de produção e análise de viabilidade do produto.

Foi possível estimar os custos fixos (aluguel, folha de pagamento) e variáveis (componentes, consumo de água, energia elétrica e depreciação) que afetam diretamente no valor a ser determinado para venda e também no enquadramento da empresa, para regimes tributários. O enquadramento da empresa ficou determinado como pequena empresa, o regime de tributação entra no simples nacional, o que permitiu a composição de um valor de venda de R\$ 3.500,00.

Foram analisados 2 cenários para melhor investimento e abertura da empresa: com empréstimo via BNDES e sem empréstimo, sendo utilizado capital próprio.

Verificou-se que os dois cenários são positivos, uma vez que as taxas de retorno TIR e, principalmente, o *Payback* informam um bom retorno econômico e saldo positivo logo no primeiro ano. Para os dois cenários foi muito similar (próximo de 7 meses), mesmo assim, visto os outros resultados, ainda é possível afirmar que o primeiro cenário, com capital próprio, é a melhor escolha.

É possível dizer que o produto é viável, visto que o valor de venda está dentro do aceitável pelo público alvo, a empresa começa a dar lucro logo no primeiro ano de funcionamento, a desenvoltura do equipamento e do produto diferencial (músculo pneumático), nos testes, foram positivos, sendo considerado eficiente para atender as necessidades as quais foram propostos.

## 8 MELHORIAS FUTURAS

Visando manter o produto competitivo dentro do mercado, algumas possíveis melhorias foram listadas e descritas, para que futuramente possam fazer parte do planejamento estratégico da empresa.

A eletroestimulação é uma das opções do que pode ser implantado no exoesqueleto no futuro, no intuito de otimizar ainda mais a reabilitação do paciente, uma vez que, dependendo da lesão, pode ser estimulada na medula, por acionamento cerebral ou com choques na musculatura, conforme explicação a seguir:

“A eletro estimulação utilizada para pacientes com lesões na coluna vertebral. Um circuito eletrônico miniaturizado é introduzido na vértebra abaixo da lesão sofrida pelo paciente. Esse circuito estimula a medula com impulsos elétricos fazendo com que a medula ative os músculos e a pessoa possa voltar a andar mesmo sendo tetraplégica. Esse método foi desenvolvido pelo Dr. Richard Herman (Herman *et al*, 2002).” (SANTOS, 2011)

“Nicolelis (2003) desenvolveu um implante cerebral, no qual um circuito eletrônico miniaturizado foi introduzido dentro do crânio do paciente com o objetivo de captar ondas cerebrais para acionar um braço mecânico.” (SANTOS, 2011)

“Outra forma de eletro estimulação desenvolvida por Isakov, Mizrahi e Najenson (1986) é aplicar choques diretamente nos músculos inferiores a fim de estimulá-los para que se contraíam ou relaxem, dando movimentação ao paciente. Este tipo de tratamento só é possível por um curto espaço de tempo.” (SANTOS, 2011)

Além disto, pensou-se em melhorias no próprio projeto já estabelecido para o exoesqueleto, melhorando seus componentes, programação e até mesmo em sua parte estrutural. O músculo pneumático possui a pressão de segurança de utilização e a malha náutica para limitar sua expansão, porém ainda sim existe a possibilidade da inserção de uma pressão superior no mesmo, o que pode ocasionar sua explosão. Para isto, poderia ser utilizada uma programação para as válvulas solenoides, em conjunto com um sensor de pressão, que faça com que as mesmas fechem a partir do momento que a pressão de segurança for ultrapassada, trazendo assim mais segurança ao paciente e ao profissional que está acompanhando a fisioterapia.

Ainda sobre a programação utilizada no projeto, em um estudo conjunto com fisioterapeutas, poderiam ser levantadas angulações e tempos para cada um dos movimentos dos membros inferiores durante uma marcha em processos fisioterápicos. Isto visando adequar a programação e o posicionamento de todos os músculos pneumáticos para que a movimentação feita pelo exoesqueleto fique o mais próximo possível dos movimentos naturais feitos pelos pacientes.

Outro ponto que pode ser melhorado é o próprio *layout* proposto para estrutura, este poderia ser feito de forma que fosse possível acoplar os músculos pneumáticos, polias e cabos de aço internamente, evitando todo o contato destes componentes com o paciente. Isto poderia aumentar o tempo de vida útil dos componentes, trazer uma melhor aparência para o produto e acima de tudo, aumentar a segurança de todos os envolvidos na utilização do exoesqueleto.

É importante dizer que há a necessidade de efetuar um estudo aprofundado com uma equipe de fisioterapeutas para averiguar as proporções de custo x benefícios e um novo estudo de custos, no intuito de não encarecer o preço estipulado, a fim de não perder competitividade no mercado.

O intuito deste tópico é a busca pela melhoria contínua – método kaizen, conforme a definição abaixo:

“Podemos ainda definir kaizen como um processo de aprimoramento contínuo, que consiste na busca de melhorias pela inovação dos processos produtivos, dos métodos, dos produtos, das regras e dos procedimentos. Nesse sentido o kaizen procura eliminar todos os problemas de uma organização através da identificação dos potenciais de melhoria, o que é possibilitado pela participação de todos os colaboradores na resolução dos problemas.” (COSTA JUNIOR, 2008)

A empresa compromete-se a procurar todas as maneiras viáveis de melhorias, não somente para este produto, mas também para os processos, visando sempre atender de maneira atualizada as demandas, com segurança e eficiência.

## 9 BIBLIOGRAFIA

ALUMICOPPER. **Informações Técnicas Alumínio AA6351**. Disponível em: < [http://www.alumicopper.com.br/pdf/aluminio/info-tec-alumi\\_aluminio\\_6351.pdf](http://www.alumicopper.com.br/pdf/aluminio/info-tec-alumi_aluminio_6351.pdf) >. Acesso em 05 de Out. 2018.

ASCONUMATICS. **Catálogo de Cilindros De Duplo Efeito, Ø 32 a 200mm**. P11-232-4. Disponível em: < [http://www.asconumatics.eu/images/site/upload/\\_pt/pdf1/p11232pt.pdf](http://www.asconumatics.eu/images/site/upload/_pt/pdf1/p11232pt.pdf) >. Acesso em 30 de Set. 2018.

AZEVEDO, G.I.C. **Pesquisa De Mercado: O Que É E Para Que Serve**. Disponível em < <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/pesquisa-de-mercado-o-que-e-e-para-que-serve,97589f857d545410VgnVCM1000003b74010aRCRD> >. Acesso em 05 de Maio de 2018.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. **Quem Pode Ser Cliente**. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/quem-pode-ser-cliente/>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

BATISTA, R.F. **Proposta de Arquitetura de Controle para Exoesqueleto Robótico de Reabilitação da Marcha Antropomórfica**. 2013. Disponível em < [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/265349/1/Floriano-Batista\\_Rayanne\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/265349/1/Floriano-Batista_Rayanne_M.pdf) >. Acesso em 25 de fev. 2018

BLOG DE VALOR. **Descubra O Que É VPL E Qual A Sua Importância Nos Investimentos**. Disponível em: <<https://andrebona.com.br/descubra-o-que-e-vpl-e-qual-sua-importancia-nos-investimentos/>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

CABLEMAX. **Tabelas de cabo de aço**. 2010. Disponível em <<http://www.cabosdeacocablemax.com.br/tabela-de-cabos-de-aco.html#top>>. Acesso em 02 de Set. 2018.

CASAROTTO, C. **Análise SWOT ou Matriz F.O.F.A.: Entenda O Conceito E Como Colocá-Lo Em Prática**. 2018. Disponível em <<https://marketingdeconteudo.com/como-fazer-uma-analise-swot/>>. Acesso em 14 de Out. 2018.

CIMAF. **Manual Técnico de Cabos**. Osasco, São Paulo. 2014. Disponível em <<https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/aricabos/catalogocimaf2014completo.pdf>>. Acesso em 04 nov. de 2018

CPFL ENERGIA. **Taxas e tarifas**. Disponível em: <<https://servicosonline.cpfl.com.br/agencia-webapp/#/taxas-tarifas>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. **Bandeiras Tarifárias**. Disponível em: <<https://www.cpf.com.br/atendimento-a-consumidores/bandeiratarifaria/paginas/default.aspx>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

CONTA AZUL BLOG. **Planilha Modelo De Dre - Demonstração Do Resultado Do Exercício**. Disponível em: <<https://blog.contaazul.com/modelo-de-dre/>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

CONTÁBEIS. **Simples nacional - alteracoes 2018**. Disponível em: <<https://www.contabeis.com.br/artigos/4125/simples-nacional-alteracoes-2018/>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

COSTA, F. A. M. **Proposta De Mecanismo Motor Pneumático Para Veículo De Coleta De Recicláveis**. Monografia. UnB. Brasília, 2015.

COSTA JUNIOR, E. L. **Gestão Em Processos Produtivos**. 1 ed. Curitiba: Ibpex, 2008. 160 p.

DICIONÁRIO FINANCEIRO. **O que é vpl e como calcular**. Disponível em: <<https://www.dicionariofinanceiro.com/valor-presente-liquido/>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

DOING BUSINESS. **Doing business 2018: reforming to create jobs**. Disponível em: <<http://www.doingbusiness.org/content/dam/doingbusiness/media/annual-reports/english/db2018-full-report.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

FARBER, Larson. **Estatística aplicada**. 4ª. Edição. São Paulo. Ed. Pearson. 2010.

FESTO. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. **Catálogo Fluidic Muscle DMSP**. 2017. Disponível em: <[https://www.festo.com/cat/pt-br\\_br/data/doc\\_engb/PDF/EN/DMSP\\_EN.PDF](https://www.festo.com/cat/pt-br_br/data/doc_engb/PDF/EN/DMSP_EN.PDF)>. Acesso em 30 de Set. 2018.

FIALHO, A. B. **Automação Pneumática: Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos**. 4. ed. São Paulo: Érika Ltda., 2003.

FRANK DAERDEN, D. L., **Pneumatic Artificial Muscles: actuators for Robotics and Automation**, em Pleinlaan 2, B-1050 Brussels, Vrije Universiteit Brussel, Department of Mechanical Engineering. 2006.

GALVAMINAS. **Conheça os tipos de roldanas e saiba para que servem**. 2017. Disponível em <<http://www.galvaminas.com.br/blog/conheca-os-tipos-de-roldanas-e-saiba-para-que-servem/>>. Acesso em 10 de Out. 2018.

GUIA VERTICAL. **Saiba mais sobre Cabos de Aço.** Disponível em: <<http://www.guiavertical.com.br/noticias/24/saiba-mais-sobre-cabos-de-aco.html>>. Acesso em: 28 out. 2018.

HERR, Hug. **Exoskeleton and orthoses: classification, design challenges and future direction.** Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation, p.p 6-21, 2009. Disponível em <<https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-6-21>>. Acesso em 28 de fev. 2018.

HOCOMA. **Lokomat.** Disponível em <<https://www.hocoma.com/solutions/lokomat/>>. Acesso em 27 fev. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **População residente, por tipo de deficiência, segundo a situação do domicílio e os grupos de idade. 2010.** Disponível em: <[https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados\\_gerais\\_amostra/resultados\\_gerais\\_amostra\\_tab\\_xls.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_gerais_amostra/resultados_gerais_amostra_tab_xls.shtm)>. Acesso em 01 de mar. 2018.

\_\_\_\_\_. **Censo (2010).** Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 27 de fev. de 2018.

\_\_\_\_\_. **Pib - per capita.** Disponível em: <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/contas-nacionais/pib-per-capita.html>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

INSTRUCTABLES. **How to Make Air Muscles.** Disponível em: < <https://www.instructables.com/id/How-to-make-air-muscles!/> >. Acesso em 30 de Set. 2018.

JOHNSON, Michelle J. **“Recent trends in robot-assisted therapy environments to improve real-life functional performance after stroke”** Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation, Vol. 3, 2006. Acesso em 26 de fev. 2018.

JÚNIOR, J. S. S. "Roldanas". Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/roldanas.htm>>. Acesso em 08 de Out. 2018.

KNORR, Luisa *et al.* **Comparação entre os efeitos do uso de eletroestimulação neuromuscular associada ao treinamento de força com somente treinamento de força em exercício de membros inferiores durante oito semanas.** Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício. São Paulo, 2007.

KOTLER, P; KELLER, K.L. **Administração de Marketing.** São Paulo, 10. ed. 2004.

KOTLER, P. **Marketing**. São Paulo: Atlas, 1996.

LEVINE *et al.* **Determinação do tamanho de uma amostra**. 2000. Disponível <<http://www.cienciasecognicao.org/portal/wp-content/uploads/2011/09/Tamanho-da-Amostra-1-1.pdf>> Acesso em 26 de Abr de 2018.

LIMA, A.P., DELGADO, E.I. **A melhor idade do brasil: aspectos biopsicossociais decorrentes do processo de envelhecimento**. 2010. Disponível em <<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/actabrasileira/article/viewFile/3063/2253>>. Acesso em 22 de fev. 2018.

LOPES, I. P. **Músculo De Mckibben Aplicado Em Manipulador Não Condutor**. Dissertação (Mestrado). USP. São Paulo, 2014.

MARTINS, Petrônio G., *et al.* **Administração da Produção**. 2 ed. São Paulo. Editora Saraiva, 2005. 562 p.

METROPOLE LOGÍSTICA. **Despesas administrativas: o que são e como reduzi-las**. Disponível em: <<http://www.metropole.com.br/despesas-administrativas/>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. **Tabela de alíquotas internas e cargas tributárias praticadas pelo estado de São Paulo**. Disponível em: <[https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/aliquotas-icms-estaduais/tabela\\_aliquotas\\_e\\_carga-tributaria\\_-\\_sp-140716.pdf](https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/aliquotas-icms-estaduais/tabela_aliquotas_e_carga-tributaria_-_sp-140716.pdf)>. Acesso em: 04 nov. 2018.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR 17 – ERGONOMIA**. 2007. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR17.pdf>> . Acesso em: 01 nov. 2018.

MIOTEC. **5 Avanços da tecnologia na fisioterapia que você precisa saber**. 2017. Disponível em <<https://blog.miotec.com.br/avancos-da-tecnologia-nafisioterapia/>>. Acesso em 28 de fev. 2018.

MORAES, L. F. **Deficiência Física: Da Experiência Ao Saber Científico**. 1.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS - PUC RS, 2017. 134p.

MORGADO JUNIOR, F. D. **Modelagem E Controle De Músculo Pneumático**. Dissertação (mestrado). Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2011.

MOURA, Osni. **Contabilidade básica**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 344 p.

NASSAR, W.R. **Notas de Aulas de Manutenção de Máquinas e Equipamentos**. Unisanta, Santos, 2004.

NICOLELIS, Miguel A. L. **Brain-machine interfaces to restore motor function and probe neural circuits**. Nature Reviews Neuroscience, 2nd Ed.

OLIVEIRA FILHO, F.N. **Desenvolvimento e Avaliação de um Guincho Eletromecânico**. Rio Verde, Goiás. 2014. Disponível em < <http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/Desenvolvimento%20e%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20um%20guincho%20eletromec%C3%A2nico.pdf>>. Acesso em 10 de Out. 2018

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **A ONU E As Pessoas Com Deficiência** <<https://nacoesunidas.org/acao/pessoas-com-deficiencia/>>. Acesso em 27 de fev. 2018.

PADOVEZE, Clóvis Luís. **Contabilidade gerencial**. CURITIBA: IESDE Brasil S.A., 2012. 376 p.

PEREIRA, M.J. **Engenharia de Manutenção - Teoria e Prática**. Ciência Moderna, 2009.

PIERO, E. P. F. D., COLOBINE, G. N. U. I. 2004. **Avaliação De Projeto De Investimento Em Ultra-Sonografia Ocular: Método Do “Payback” Descontado**. Disponível em < [http://sboportal.org.br/rbo/2004/rbo\\_mai\\_jun\\_2004.pdf#page=46](http://sboportal.org.br/rbo/2004/rbo_mai_jun_2004.pdf#page=46)>. Acesso em 04 de Nov. 2018.

PLANALTO. **Lei complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp123.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp123.htm)>. Acesso em: 04 nov. 2018

\_\_\_\_\_. **Lei complementar nº 105, de 10 de janeiro de 2001**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp105.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp105.htm)>. Acesso em: 04 nov. 2018.

RABELO JÚNIOR, A.E.P. **Como Saber Qual O Enquadramento Tributário Para Minha Empresa**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/portalsebrae/ufs/ap/artigos/como-saber-qual-o-enquadramento-tributario-para-minha-empresa,2ae2ace85e4ef510vgnvcm1000004c00210ar crd>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

RAMOS, J. L. A. de S. **Controle de Torque de um Exoesqueleto Atuado por Músculos Pneumáticos Artificiais Utilizando Sinais Eletromiográficos**. Dissertação (mestrado) – PUC. Rio de Janeiro, 2013.

RECEITA FEDERAL. **Tabela de incidência do imposto sobre produtos industrializados (tipi)**. Disponível em: <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/aceso-rapido/legislacao/documentos-e-arquivos/tipi.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. **Contribuição Social Sobre O Lucro Líquido Csll**. Disponível em: <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/aceso-rapido/tributos/csll>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. **Ipi - Imposto Sobre Produtos Industrializados**. Disponível em: <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/aceso-rapido/tributos/ipi>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

\_\_\_\_\_. **Contribuição Previdenciária - Anexo IV Do Simples Nacional**. Disponível em: <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/cobrancas-e-intimacoes/contribuicao-previdenciaria-anexo-iv-do-simples-nacional>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

SACCO, I.C.N.; TANAKA C. **Biomecânica da marcha humana**. Disponível em < <https://edisciplinas.usp.br/.../Aula%20marcha%202013%20mft0833%20alunos.pdf> >. Acesso em 13 de Outubro de 2018.

REDAÇÃO O ESTADO DO PARANÁ. **Músculo Pneumático Festo é inspirado na anatomia humana**. 2017. Disponível em: <<http://www.tribunapr.com.br/noticias/automoveis/musculo-pneumatico-festo-e-inspirado-na-anatomiahumana/>>. Acesso em 01 mar. 2018.

REVISTA AUTOESPORTE. **Funcionários da Ford testam exoesqueleto em linha de produção**. Disponível em <<https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2017/12/funcionarios-da-ford-testam-exoesqueleto-em-linha-deproducao.html> >. Acesso em 21 de fev. 2018.

SANTOS, J. B. **A Robótica Como Ferramenta No Ensino De Física**. UEPB. Paraíba, 2014.

SCOFANO, F. dos S. **Desenvolvimento De Um Elo Pneumático De 3 Graus De Liberdade Para Manipuladores Robóticos Flexíveis**. Dissertação (mestrado) – PUC. Rio de Janeiro, 2006.

SEBRAE. **Simples Nacional: Mudanças Para 2018**. Disponível em: <[http://m.sebrae.com.br/sebrae/portal%20sebrae/ufs/am/banner/arquivo\\_1512481714.pdf](http://m.sebrae.com.br/sebrae/portal%20sebrae/ufs/am/banner/arquivo_1512481714.pdf)>. Acesso em: 04 nov. 2018.

SECRETARIA DA FAZENDA. **ICMS**. Disponível em: <<https://portal.fazenda.sp.gov.br/acessoinformacao/paginas/icms.aspx>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

SILVA, E. C. N. **Apostila de Pneumática: PMR 2481 - Sistemas Fluidomecânicos**. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos da USP. São Paulo, 2011.

SILVA, *et al.* **A Utilização da Matriz Swot como Ferramenta Estratégica – um Estudo de Caso em uma Escola de Idioma de São Paulo**. 2018. Disponível em < <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos11/26714255.pdf>> Acesso em 14 de Out. 2018.

TECHMUNDO. **Tecnologias Promissoras: Exoesqueletos**. 2011. Disponível em <<https://www.tecmundo.com.br/futuro/11300-tecnologias-promissoras-exoesqueletos.htm>>. Acesso em 21 de fev. de 2018.

TONELLI, F.M.P., RESENDE, R.R. **O Exoesqueleto Robótico E O Projeto *Walk Again* Em Foco**. 2014. Disponível em <<http://www.nanocell.org.br/voltando-a-andar-o-exoesqueleto-robotico-e-o-projeto-walk-again-em-foco/>>. Acesso em 20 de fev. 2018.

TREASY. **Cpv, cmv e csv: saiba como esses indicadores podem ajudar sua empresa**. Disponível em: <<https://www.treasy.com.br/blog/cpv-cmv-e-csv/>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

VASQUEZ, J.L. **Como Fazer Um Demonstrativo De Resultados**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/portalsebrae/ufs/ap/artigos/como-fazer-um-demonstrativo-de-resultados,48f3ace85e4ef510vgnvcm1000004c00210arcrd>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

VILLELA, F. **IBGE: 6,2% Da População Têm Algum Tipo De Deficiência**. Agência Brasil, p.p 11-20, 2015. Disponível em <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-08/ibge-62-da-populacao-tem-algum-tipo-de-deficiencia>>. Acesso em 27 de fev. 2018.

XAVIER, M.P. **Pesquisa e Estudo de mercado: qual a diferença?**. Disponível em < [http://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/empreendedorismo-startup/diferenca-pesquisaestudodmercado/?gclid=EAIaIQobChMIzNPooOb63QIVIIORCh02WASKEAAYASAAEgLq9PD\\_BwE](http://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/empreendedorismo-startup/diferenca-pesquisaestudodmercado/?gclid=EAIaIQobChMIzNPooOb63QIVIIORCh02WASKEAAYASAAEgLq9PD_BwE)> Acesso em 09 de out. 2018.

ZYGMUNT, B. **Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadoria**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.



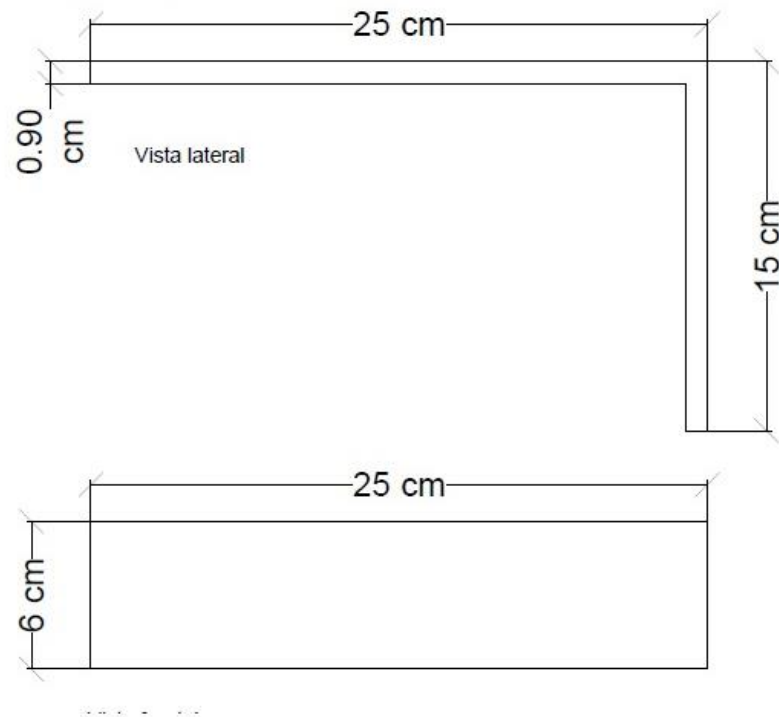
**APÊNDICE B – PEÇAS DO EXOESQUELETO EM FORMATO CAD**

Figura 37 - Cintura – 2 peças com espessura de 0,9 cm (Fonte: Autoria Própria, 2018)

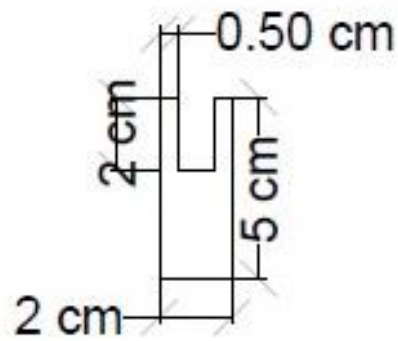


Figura 38 - Gancho lateral – 4 peças com espessura 0,9 cm. (Fonte: Autoria Própria, 2018)

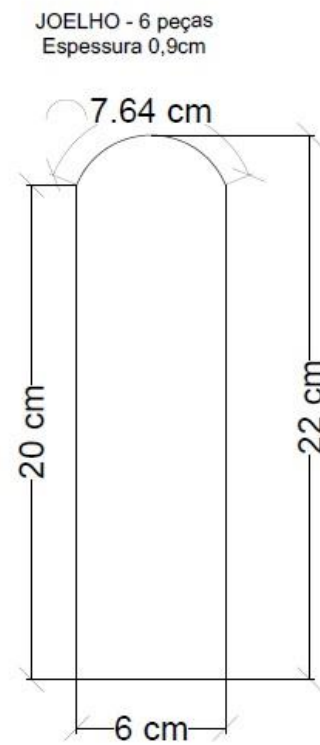


Figura 39 - Joelho – 6 peças com espessura 0,9 cm. (Fonte: Autoria Própria, 2018)

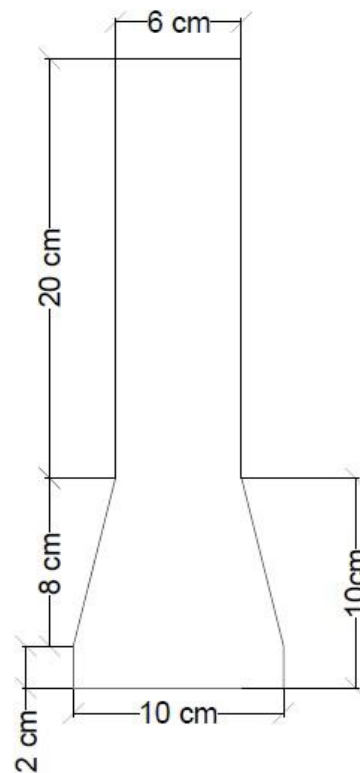


Figura 40 - Pé – 2 peças com espessura 0,9 cm. (Fonte: Autoria Própria, 2018)

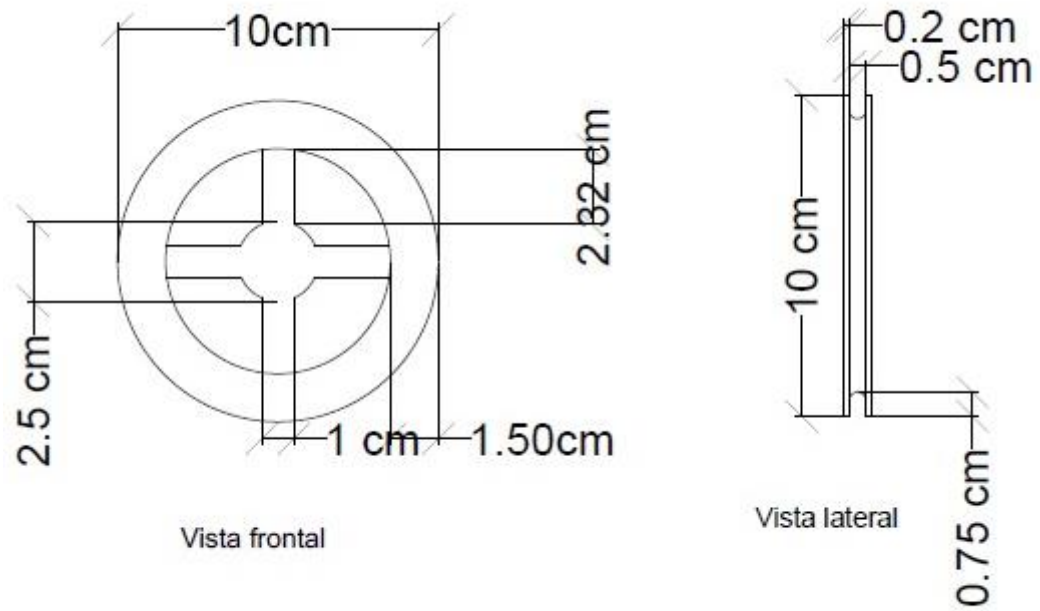


Figura 41 - Roldana – 6 peças com espessura 0,9 cm. (Fonte: Autoria Própria, 2018)

## APÊNDICE C – PROGRAMAÇÃO EM SOFTWARE ARDUINO

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#define kpa2atm 0.00986923267

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
int funcaoa = 0; // valor instantaneo enviado pelo botão
int funcaob = 0; // valor guardado
int estado=0; // guarda o valor 0 ou 1 (HIGH ou LOW)
int Led = 9;
int Solen = 8;
int botaol = 6;
int val;
int pressurePin = A1;
float pkPa; // pressao em kPa
float pAtm; // pressao em Atm

void setup() {

    pinMode (Solen, OUTPUT);
    pinMode (botaol, INPUT);
    lcd.begin(16, 2);
    Serial.begin(9600);
    Wire.begin();
}

void loop() {
    funcaoa=digitalRead(botaol); // Ler o valor enviado pelo botão: "HIGH"
    ou "LOW"
    if ((funcaoa == HIGH) && (funcaob == LOW)) {
        estado = 1 - estado;
        delay(300); // Tempo apertando o botão
    }
    funcaob=funcaoa;
    if (estado == 1) {
        digitalWrite(Solen, HIGH); // Liga a Válvula Solenoide
    }
}

```

```

/* Medir pressão */
val = analogRead(pressurePin); // Dar o valor da pressão à variável
delay(200);
pkPa = ((float)val/(float)1023+0.095)/0.009; // Pressão em KPa
pAtm = kpa2atm*pkPa; // Pressão em Atm

/* Mostrar pressão em kPa no LCD */
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(pkPa);
lcd.print(" kPa");
lcd.setCursor(0,1);

lcd.print(pAtm);
lcd.print(" Atm");

/* Enviar a pressão para a porta serial */
Serial.print(pkPa);
Serial.print(" kPa ");
Serial.print(pAtm);
Serial.print(" Atm ");

delay (500);
}
else {
digitalWrite(Solen, LOW); // Desliga a válvula Solenoide
  lcd.clear();
}
if (pressurePin >= 101){
  delay (300);
  digitalWrite (Solen, LOW); // Desliga a válvula Solenoide
  digitalWrite (Led, HIGH); // Liga Led de alerta

  Serial.println(analogRead(pressurePin));
  delay(300);
}

```

```
else
{
    digitalWrite (Led, LOW); // Desliga Led de Alerta
    delay (300);
    digitalWrite (Solen, HIGH); // Religa Válvula Solenoide
}
}
```









	Mês 25	Mês 26	Mês 27	Mês 28	Mês 29	Mês 30	Mês 31	Mês 32	Mês 33	Mês 34	Mês 35	Mês 36	Ano 3
R\$	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	1200
R\$	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	R\$ 42.000,00
R\$	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	R\$ 4.200.000,00
R\$	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	R\$ 540.000,00
R\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R\$ 189.000,00
R\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R\$	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	R\$ 24.516,00
R\$	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	R\$ 113.184,00
R\$	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	R\$ 3.873.900,00
R\$	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	R\$ 1.106.521,20
R\$	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	R\$ 2.766.778,80
R\$	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	R\$ 333.612,61
R\$	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	R\$ 1.127.455,68
R\$	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	R\$ 126.900,00
R\$	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	R\$ 1.178.810,51
R\$	16.977,17	16.846,71	16.716,26	16.586,80	16.456,34	16.326,88	16.196,43	16.065,97	15.935,51	15.805,05	15.674,60	15.544,14	R\$ 195.115,86
R\$	81.156,93	81.287,39	81.417,84	81.548,30	81.678,76	81.809,22	81.939,67	82.070,13	82.200,59	82.331,05	82.461,50	82.591,96	R\$ 982.493,35
R\$	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	R\$ 45.900,00
R\$	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	R\$ 40.500,00
R\$	73.956,93	74.087,39	74.217,84	74.348,30	74.478,76	74.609,22	74.739,67	74.870,13	75.000,59	75.131,05	75.261,50	75.391,96	R\$ 896.093,35

	Mês 37	Mês 38	Mês 39	Mês 40	Mês 41	Mês 42	Mês 43	Mês 44	Mês 45	Mês 46	Mês 47	Mês 48	Ano 4
R\$	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	3.500,00	1200
R\$	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	R\$ 42.000,00
R\$	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	45.000,00	R\$ 4.200.000,00
R\$	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	15.750,00	R\$ 540.000,00
R\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R\$ 189.000,00
R\$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R\$	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	2.043,00	R\$ 24.516,00
R\$	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	9.432,00	R\$ 113.184,00
R\$	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	322.775,00	R\$ 3.873.900,00
R\$	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	92.210,10	R\$ 1.106.521,20
R\$	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	230.564,90	R\$ 2.766.778,80
R\$	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	27.801,05	R\$ 333.612,61
R\$	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	93.954,64	R\$ 1.127.455,68
R\$	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	10.575,00	R\$ 126.900,00
R\$	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	98.234,21	R\$ 1.178.810,51
R\$	15.411,68	15.281,22	15.150,77	15.020,31	14.889,85	14.759,39	14.628,94	14.498,48	14.368,02	14.237,56	14.107,11	13.976,65	R\$ 1.176.329,98
R\$	100,11	100,11	100,11	100,11	100,11	100,11	100,11	100,11	100,11	100,11	100,11	100,11	R\$ 1.201,29
R\$	82.722,42	82.852,88	82.983,33	83.113,79	83.244,25	83.374,71	83.505,16	83.635,62	83.766,08	83.896,54	84.027,00	84.157,45	R\$ 1.001.279,23
R\$	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	3.825,00	R\$ 45.900,00
R\$	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	3.375,00	R\$ 40.500,00
R\$	75.522,42	75.652,88	75.783,33	75.913,79	76.044,25	76.174,71	76.305,16	76.435,62	76.566,08	76.696,54	76.826,99	76.957,45	R\$ 914.879,23

Mês 49	Mês 50	Mês 51	Mês 52	Mês 53	Mês 54	Mês 55	Mês 56	Mês 57	Mês 58	Mês 59	Mês 60	Ano 5
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 42.000,00
R\$ 350.000,00	R\$ 350.000,00	R\$ 350.000,00	R\$ 350.000,00	R\$ 350.000,00	R\$ 350.000,00	R\$ 350.000,00	R\$ 350.000,00	R\$ 350.000,00	R\$ 350.000,00	R\$ 350.000,00	R\$ 350.000,00	R\$ 4.200.000,00
R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00	R\$ 540.000,00
-R\$ 15.750,00	-R\$ 15.750,00	-R\$ 15.750,00	-R\$ 15.750,00	-R\$ 15.750,00	-R\$ 15.750,00	-R\$ 15.750,00	-R\$ 15.750,00	-R\$ 15.750,00	-R\$ 15.750,00	-R\$ 15.750,00	-R\$ 15.750,00	-R\$ 189.000,00
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-
R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-
-R\$ 2.043,00	-R\$ 2.043,00	-R\$ 2.043,00	-R\$ 2.043,00	-R\$ 2.043,00	-R\$ 2.043,00	-R\$ 2.043,00	-R\$ 2.043,00	-R\$ 2.043,00	-R\$ 2.043,00	-R\$ 2.043,00	-R\$ 2.043,00	-R\$ 24.516,00
-R\$ 9.432,00	-R\$ 9.432,00	-R\$ 9.432,00	-R\$ 9.432,00	-R\$ 9.432,00	-R\$ 9.432,00	-R\$ 9.432,00	-R\$ 9.432,00	-R\$ 9.432,00	-R\$ 9.432,00	-R\$ 9.432,00	-R\$ 9.432,00	-R\$ 113.184,00
R\$ 322.775,00	R\$ 322.775,00	R\$ 322.775,00	R\$ 322.775,00	R\$ 322.775,00	R\$ 322.775,00	R\$ 322.775,00	R\$ 322.775,00	R\$ 322.775,00	R\$ 322.775,00	R\$ 322.775,00	R\$ 322.775,00	R\$ 3.873.300,00
-R\$ 92.210,10	-R\$ 92.210,10	-R\$ 92.210,10	-R\$ 92.210,10	-R\$ 92.210,10	-R\$ 92.210,10	-R\$ 92.210,10	-R\$ 92.210,10	-R\$ 92.210,10	-R\$ 92.210,10	-R\$ 92.210,10	-R\$ 92.210,10	-R\$ 1.106.521,20
R\$ 230.564,90	R\$ 230.564,90	R\$ 230.564,90	R\$ 230.564,90	R\$ 230.564,90	R\$ 230.564,90	R\$ 230.564,90	R\$ 230.564,90	R\$ 230.564,90	R\$ 230.564,90	R\$ 230.564,90	R\$ 230.564,90	R\$ 2.766.778,80
-R\$ 27.801,05	-R\$ 27.801,05	-R\$ 27.801,05	-R\$ 27.801,05	-R\$ 27.801,05	-R\$ 27.801,05	-R\$ 27.801,05	-R\$ 27.801,05	-R\$ 27.801,05	-R\$ 27.801,05	-R\$ 27.801,05	-R\$ 27.801,05	-R\$ 338.612,61
-R\$ 93.954,64	-R\$ 93.954,64	-R\$ 93.954,64	-R\$ 93.954,64	-R\$ 93.954,64	-R\$ 93.954,64	-R\$ 93.954,64	-R\$ 93.954,64	-R\$ 93.954,64	-R\$ 93.954,64	-R\$ 93.954,64	-R\$ 93.954,64	-R\$ 1.127.465,68
-R\$ 10.575,00	-R\$ 10.575,00	-R\$ 10.575,00	-R\$ 10.575,00	-R\$ 10.575,00	-R\$ 10.575,00	-R\$ 10.575,00	-R\$ 10.575,00	-R\$ 10.575,00	-R\$ 10.575,00	-R\$ 10.575,00	-R\$ 10.575,00	-R\$ 126.900,00
R\$ 98.234,21	R\$ 98.234,21	R\$ 98.234,21	R\$ 98.234,21	R\$ 98.234,21	R\$ 98.234,21	R\$ 98.234,21	R\$ 98.234,21	R\$ 98.234,21	R\$ 98.234,21	R\$ 98.234,21	R\$ 98.234,21	R\$ 1.178.810,51
R\$ 1.565,49	R\$ 1.435,03	R\$ 1.304,58	R\$ 1.174,12	R\$ 1.043,66	R\$ 913,20	R\$ 782,75	R\$ 652,29	R\$ 521,83	R\$ 391,37	R\$ 260,92	R\$ 130,46	R\$ 10.175,70
-R\$ 100,11	-R\$ 100,11	-R\$ 100,11	-R\$ 100,11	-R\$ 100,11	-R\$ 100,11	-R\$ 100,11	-R\$ 100,11	-R\$ 100,11	-R\$ 100,11	-R\$ 100,11	-R\$ 100,11	-R\$ 1.201,29
R\$ 99.699,59	R\$ 99.569,13	R\$ 99.438,68	R\$ 99.308,22	R\$ 99.177,76	R\$ 99.047,30	R\$ 98.916,85	R\$ 98.786,39	R\$ 98.655,93	R\$ 98.525,47	R\$ 98.395,02	R\$ 98.264,56	R\$ 1.187.784,91
-R\$ 3.825,00	-R\$ 3.825,00	-R\$ 3.825,00	-R\$ 3.825,00	-R\$ 3.825,00	-R\$ 3.825,00	-R\$ 3.825,00	-R\$ 3.825,00	-R\$ 3.825,00	-R\$ 3.825,00	-R\$ 3.825,00	-R\$ 3.825,00	-R\$ 45.900,00
-R\$ 3.375,00	-R\$ 3.375,00	-R\$ 3.375,00	-R\$ 3.375,00	-R\$ 3.375,00	-R\$ 3.375,00	-R\$ 3.375,00	-R\$ 3.375,00	-R\$ 3.375,00	-R\$ 3.375,00	-R\$ 3.375,00	-R\$ 3.375,00	-R\$ 40.900,00
R\$ 92.499,59	R\$ 92.369,13	R\$ 92.238,68	R\$ 92.108,22	R\$ 91.977,76	R\$ 91.847,30	R\$ 91.716,85	R\$ 91.586,39	R\$ 91.455,93	R\$ 91.325,47	R\$ 91.195,02	R\$ 91.064,56	R\$ 1.101.384,91