



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**JOSÉ HELDENIR PINHEIRO BEZERRA**

**SISTEMA DE AJUSTE AUTOMÁTICO DE BITOLA PARA TRATORES  
AGRÍCOLA DE ESTEIRAS**

**FORTALEZA**

**2018**

JOSÉ HELDENIR PINHEIRO BEZERRA

SISTEMA DE AJUSTE AUTOMÁTICO DE BITOLA PARA TRATORES AGRICOLA DE  
ESTEIRAS

Defesa de tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito à obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Albiero.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- B469s Bezerra, José Heldenir Pinheiro.  
Sistema de ajuste automático de bitola para tratores agrícolas de esteira / José Heldenir Pinheiro  
Bezerra. – 2018.  
104 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Daniel Albiero.
1. Bitola ajustável. 2. Máquinas agrícolas. 3. Colhedora multifuncional. I. Título.

CDD 664

---

JOSÉ HELDENIR PINHEIRO BEZERRA

SISTEMA DE AJUSTE AUTOMÁTICO DE BITOLA PARA TRATORES AGRÍCOLA DE  
ESTEIRAS

Defesa de tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito à obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Aprovada em: 15 / 06 / 2018.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Daniel Albiero (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisco Rodrigo Porto Cavalcanti  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Angel Pontin Garcia  
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

---

Prof. Dr. Francisco Valdenor Pereira da Silva  
Instituto Federal de Ciências, Educação e Tecnologia do Ceará (IFCE)

---

Prof. Dr. Lorena Braga Moura  
Instituto Federal de Ciências, Educação e Tecnologia do Ceará (IFCE)

A Deus.

Aos meus pais, *in memoriam* Antônio Helder Bezerra Pinto, *in memoriam* Maria Adenice Pinheiro Bezerra.

As minhas filhas Viviane da Costa Bezerra e *in memoriam* Vanessa da Costa Bezerra.

Aos meus irmãos Francisco Helber Pinheiro Bezerra e Carlos Hederane Pinheiro Bezerra.

Aos meus professores.

## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Federal do Ceará e ao Instituto Federal do Ceará, pelo apoio a minha formação.

Ao Prof. Dr. Daniel Albiero, pela oportunidade e orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Leonardo de Almeida Monteiro, Prof. Francisco Rodrigo Porto Cavalcanti, Prof. Dr. Angel Pontin Garcia, Prof. Dr. Francisco Valdenor Pereira da Silva e Profa. Dra. Lorena Braga Moura pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores que dedicaram seus esforços e energia ao ensino.

Aos colegas da turma de Doutorado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

## RESUMO

O cenário atual da indústria de máquinas agrícolas tem incorporado novas tecnologias através da utilização de softwares e equipamentos específicos na substituição das operações tradicionais realizadas por máquinas convencionais e mãos humanas. A opção pela utilização do preparo do solo ou sistema de plantio não segue regras pré-estabelecidas, o agricultor deve tomar decisões em função de vários aspectos presentes em sua propriedade, tais como: tipo de solo, declividade do terreno, incidência de chuvas na época de implantação da cultura, maquinário disponível, disponibilidade de recursos, etc. Devido o dinamismo desses aspectos alguns fatores inerentes à cadeia produtiva são influenciados, podendo ser citados a estabilidade das máquinas e a qualidade na operação. Condições adversas de clima e solo podem influenciar drasticamente a qualidade da operação e a estabilidade do trator, uma forma de amenizar os efeitos danosos dessas condições é através do ajuste da bitola. Assim objetivou-se desenvolver um sistema que permita a regulagem da distância entre os trens rodantes de um trator de forma automatizada. Foi desenvolvido um protótipo de um sistema com regulagem de bitola de eixo automática especialmente projetado para aplicação em máquinas multifuncionais, com pedido de patente. O sistema permite a regulagem da distância entre os rodados do referido equipamento agrícola de forma automatizada. No gerenciamento é disponibilizado o controle automático com bitolas programadas para culturas ou ajustadas pelo operador. O chassi permite acoplar em sua estrutura cabeçotes com múltiplas funções. As vigas telescópicas transversais movimentam em seu eixo. O Softwares MPLAB IDE v8.92 fabricado pela MICROCHIP, foi o ambiente de desenvolvimento da programação microchips PIC utilizado na programação do PIC18F4550 e executado como um aplicativo de 64 bits no Microsoft Windows. Já para o comando do protótipo foi utilizado o Android Studio para desenvolver o programa em linguagem Java, facilitando o uso em celulares Android permitindo o comando do protótipo via Bluetooth.

**Palavras-chave:** Bitola ajustável. Máquinas agrícolas. Colhedora multifuncional.

## ABSTRACT

The current scenario of the agricultural machinery industry has incorporated new technologies through the use of specific software and equipment to replace traditional operations performed by conventional machines and human hands. The option to use the soil preparation or planting system does not follow pre-established rules, the farmer must make decisions based on several aspects present in his property, such as: soil type, slope of the land, rainfall incidence at the time culture, machinery available, availability of resources, etc. Due to the dynamism of these aspects, some factors inherent to the production chain are influenced, being the stability of the machines and the quality of the operation being mentioned. Adverse climate and soil conditions can drastically influence the quality of the operation and the stability of the tractor, one way of mitigating the damaging effects of these conditions is by adjusting the gauge. The aim was to develop a system that allows the regulation of the distance between the trains of a tractor in an automated way. A prototype of a system with automatic axle gauge regulation specially designed for application in multifunctional machines has been developed, with a patent application. The system allows the distance control between the wheels of said agricultural equipment to be regulated in an automated manner. In management, automatic control is provided with gauges programmed for crops or adjusted by the operator. The chassis allows to couple in its structure heads with multiple functions. The transverse telescopic beams move on its axis. The MPLAB IDE v8.92 Softwares made by MICROCHIP, was the development environment of the PIC microchips programming used in the programming of PIC18F4550 and run as a 64-bit application in Microsoft Windows. For the command of the prototype was used Android Studio to develop the program in Java language, making it easier to use on Android phones allowing the prototype command via Bluetooth.

**Keywords:** Adjustable gauge. Agricultural machinery. Multifunctional harveste



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	— Alface ( <i>Lactuca sativa</i> ).....	20
Figura 2	— Cenoura ( <i>Daucus carota</i> L.).....	21
Figura 3	— Cebolinha ( <i>Allium schoenoprasum</i> L.).....	22
Figura 4	— Rúcula ( <i>Eruca sativa</i> ).....	23
Figura 5	— Cebola ( <i>Allium cepa</i> L.).....	24
Figura 6	— Repolho ( <i>Brassica oleracea</i> ).....	25
Figura 7	— Trator Froelich movido à gasolina.....	30
Figura 8	— Esquema de um trator de duas rodas.....	31
Figura 9	— Esquema de um trator de três rodas.....	32
Figura 10	— Esquema de um trator de quatro rodas.....	32
Figura 11	— Esquema de um trator de semi-esteiras.....	33
Figura 12	— Esquema de um trator de esteiras.....	33
Figura 13	— Esquema de ajuste eixo dianteiro 4 x 2.....	34
Figura 14	— Esquema de ajuste dos eixos 4 x 4 (A) e das medidas dos eixos 4 x4 (B).....	35
Figura 15	— Esquema de ajuste P.A.V.T. (A) e da trava do ajuste P.A.V.T (B).....	36
Figura 16	— Esquema de ajuste pinhão cremalheira.....	36
Figura 17	— Chassi monobloco.....	37
Figura 18	— Estrutura de chassi propriamente dito.....	37
Figura 19	— Estrutura de semichassi.....	38
Figura 20	— Estrutura de chassi articulado.....	39
Figura 21	— Diagrama simplificado de um projeto mecânico.....	40
Figura 22	— Viga biapoada com carregamento distribuído.....	44
Figura 23	— Elementos finitos comuns.....	45
Figura 24	— Esquema de um sistema mecatrônico.....	47
Figura 25	— Microcontrolador PIC18F4550.....	52

Figura 26	— Módulo Bluetooth RS232 HC-05.....	53
Figura 27	— Módulo Relé 5V 4 Canais.....	53
Figura 28	— Sensor alarme kit imã + ampola SM-01.....	54
Figura 29	— Atuador linear.....	54
Figura 30	— Placa de circuito do protótipo.....	55
Figura 31	— Visão geral da ferramenta de desenvolvimento.....	56
Figura 32	— Fluxograma do acionamento.....	57
Figura 33	— DISCOVERY 1000 centro de usinagem.....	58
Figura 34	— Chassi com longarinas: A- recolhidas; B -75% estendida.....	59
Figura 35	— Fluxograma de decisões do projeto bitola ajustável.....	61
Figura 36	— APP tela abertura em um celular android.....	67
Figura 37	— APP tela de funções em um celular android.....	68
Figura 38	— Plataforma superior.....	69
Figura 39	— Plataforma inferior.....	69
Figura 40	— Laterais direita e esquerda.....	70
Figura 41	— Longarina e haste cilíndrica.....	71
Figura 42	— Haste cilíndrica.....	71
Figura 43	— Longarina.....	71
Figura 44	— Servo motor com porcas nos fusos.....	72
Figura 45	— Localização das tensões nos contornos da estrutura.....	78
Figura 46	— Vista frontal com ênfase nos contornos das longarinas.....	79
Figura 47	— Deformação por deslocamento dos nos.....	79
Figura 48	— Vista frontal deformação dos nos.....	80
Figura 49	— Fator de segurança.....	81
Figura 50	— Fator de segurança.....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	— Fatores para determinar um coeficiente de segurança para materiais dúcteis.	42
Tabela 2	— Propriedades do Estudo.....	62
Tabela 3	— Geometria do Estudo dos sólidos.....	62
Tabela 4	— Propriedades do Material Aço 1030.....	63
Tabela 5	— Conectores.....	64
Tabela 6	— Restrições.....	64
Tabela 7	— Informações de malha.....	65
Tabela 8	— Cargas aplicadas.....	65
Tabela 9	— Resultados da tensão de Von Misses.....	66
Tabela 10	— Componente do resultado: conversão total.....	66
Tabela 11	— Fator dos resultados de segurança.....	80

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivo Específico.....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Cultivo de culturas e espaçamento.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.1</b>	<i>Alface.....</i>	<b>20</b>
<b>3.1.2</b>	<i>Cenoura.....</i>	<b>21</b>
<b>3.1.3</b>	<i>Cebolinha.....</i>	<b>22</b>
<b>3.1.4</b>	<i>Rúcula.....</i>	<b>23</b>
<b>3.1.5</b>	<i>Cebola.....</i>	<b>24</b>
<b>3.1.6</b>	<i>Repolho.....</i>	<b>25</b>
<b>3.2</b>	<b>Inovações tecnológicas nas máquinas agrícolas.....</b>	<b>26</b>
<b>3.3</b>	<b>História e as características do trator.....</b>	<b>29</b>
<b>3.4</b>	<b>Classificação geral dos tratores.....</b>	<b>31</b>
<b>3.5</b>	<b>Tipos de trator.....</b>	<b>31</b>
<b>3.6</b>	<b>Ajuste de bitola.....</b>	<b>34</b>
<b>3.6.1</b>	<i>Procedimento para o ajuste de bitola do eixo dianteiro 4x2.....</i>	<b>34</b>
<b>3.6.2</b>	<i>Procedimento para o ajuste de bitola do eixo dianteiro 4x4.....</i>	<b>34</b>
<b>3.6.3</b>	<i>Power Adjustable Variable Tracck (Trilha Variável Ajustável por Potência) Jantes (P.A.V.T).....</i>	<b>35</b>
<b>3.6.4</b>	<i>Sistema pinhão e cremalheira.....</i>	<b>36</b>
<b>3.7</b>	<b>Tipos de estrutura de chassis.....</b>	<b>37</b>
<b>3.7.1</b>	<i>Monobloco.....</i>	<b>37</b>
<b>3.7.2</b>	<i>Chassi.....</i>	<b>37</b>
<b>3.7.3</b>	<i>Semichassi.....</i>	<b>38</b>
<b>3.7.4</b>	<i>Chassi articulado.....</i>	<b>38</b>
<b>3.8</b>	<b>Projeto de bitola variável em máquinas.....</b>	<b>39</b>
<b>3.8.1</b>	<i>Esforço em vigas.....</i>	<b>42</b>
<b>3.8.2</b>	<i>Análise de estrutura auxiliado pelo software de CAE.....</i>	<b>44</b>
<b>3.9</b>	<b>Conceitos básicos de mecatrônica.....</b>	<b>46</b>

3.9.1	<i>Desenvolvimento do projeto.....</i>	46
3.9.2	<i>Desenvolvimento do produto.....</i>	46
3.10	<b>Software e Tecnologia.....</b>	47
3.10.1	<i>Software.....</i>	47
3.10.2	<i>Tecnologia.....</i>	48
4	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	50
4.1	<b>Materiais e local do desenvolvimento do trabalho.....</b>	50
4.2	<b>Métodos.....</b>	52
4.2.1	<i>Funcionamento do protótipo.....</i>	52
4.2.2	<i>Hardware do protótipo.....</i>	52
4.2.3	<i>Software do protótipo.....</i>	55
4.2.4	<i>Fluxo de acionamento para mudança de bitola.....</i>	57
4.2.5	<i>Análise do sistema de ajuste da bitola.....</i>	58
4.2.6	<i>Sistema de ajuste de bitola.....</i>	59
4.2.7	<i>Materiais e Construção.....</i>	61
5	<b>RESULTADOS.....</b>	67
5.1	<b>Aplicativo.....</b>	67
5.2	<b>Constituintes confeccionados.....</b>	69
5.2.1	<i>Plataforma superior.....</i>	69
5.2.2	<i>Plataforma inferior.....</i>	69
5.2.3	<i>Lateral esquerda e direita.....</i>	70
5.2.4	<i>Longarinas e hastes.....</i>	70
5.2.5	<i>Servo motor com fuso central e roscas invertidas.....</i>	71
5.3	<b>Análise de vigas e carregamentos com deslocamento 75%.....</b>	72
5.3.1	<i>Cálculo das Reações com vigas a 75% do seu comprimento.....</i>	73
5.3.2	<i>Cálculo do Esforço Cortante.....</i>	74
5.3.3	<i>Cálculo do Momento Fletor.....</i>	75
5.3.4	<i>Dimensionamento do eixo.....</i>	76
5.4	<b>Esforços na máquina.....</b>	77
6	<b>CONCLUSÃO.....</b>	83
7	<b>TRABALHOS FUTUROS.....</b>	84
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	85

<b>ANEXO A – CONCEITOS DAS NORMAS ABNT/CB-04 E ABNT/CB05.....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO B – PATENTE DE INVENÇÃO DEPOSITADA NO INPI.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE A - MÓDULO DE RELÉS PARA DESLOCAMENTO DO PROTÓTIPO E ATUADOR.....</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICE B - MICROCONTROLADOR PIC18F4550.....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE C - FONTE CORRENTE CONTINUA.....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE D – FOLHA DE ENGENHARIA 1.....</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE E – FOLHA DE ENGENHARIA 2.....</b>	<b>101</b>
<b>APÊNDICE F- FOLHA DE ENGENHARIA 3.....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE G - FOLHA DE ENGENHARIA 4.....</b>	<b>103</b>
<b>APÊNDICE H - FOLHA DE ENGENHARIA 5.....</b>	<b>104</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução da tecnologia, no cenário atual da indústria de máquinas agrícolas, tem possibilitado a incorporação de técnicas, equipamentos e softwares modernos em substituição a máquinas e atividades convencionais. Outro efeito imediato deste dinamismo do mercado é a redução do ciclo de vida dos produtos, nesse sentido percebe-se que, cada vez mais, as empresas querem alcançar a liderança no seu segmento de mercado e precisam alinhar a sua estratégia de negócios com a estratégia de inovação, seguida da implantação de um processo coeso para que ela ocorra de forma sistêmica.

Um elemento ainda pouco explorado e realizado de forma manual é o ajuste de bitola das máquinas. Perde-se um tempo considerável quando vai preparar áreas variadas com culturas diferentes e realizar esse ajuste manualmente, tendo em vista que em algumas situações é necessária a retirada da roda para realizar esse ajuste.

Todavia, apesar da importância atrelada a tal tema esse ajuste ainda é realizado, na sua grande maioria, de forma rudimentar com uma perda desnecessária de tempo e recursos, ou mesmo é relegado e as máquinas são adequadas de forma uma única vez de maneira que essa conformação sirva para as mais variadas atividades e culturas, mesmo não atendendo as necessidades daquele sistema.

Uma solução plausível para tal problemática seria o desenvolvimento de um sistema de ajustagem da bitola em máquinas especializadas. Dentre os possíveis equipamentos agrícolas contemplados com esse ajuste seriam colhedoras, semeadoras e implementos. A realização da troca de bitola automática permitiria a máquina trafegar em plantio de culturas variadas possibilitando ganho na eficiência e redução nos custos.

Atividades como preparo do solo, semeadura, colheita e aplicação de corretivos e defensivos químicos seriam realizadas mais rápidas, de forma adequada, com menos prejuízo para o solo e para a cultura implantada.

O desafio técnico do sistema de ajuste é a adoção de um mecanismo de ajustagem automático ou programado. A base de construção desse sistema seria por vigas na estrutura da máquina que são ajustadas transversalmente por um sistema telescópico mecânico. Além disso, que exista um servo motor comandado permitindo ajustar a posição da bitola de acordo com a largura entre as fileiras do plantio.

Após a projeção, realização dos cálculos estruturais, desenvolvimento da patente e determinação dos materiais a construção de um protótipo seria o primeiro passo para aplicação em uma máquina de tamanho real e a verificação da viabilidade da idéia.

Protótipos de máquinas, com o auxílio de softwares e sensores, são ótimas ferramentas na coleta de dados em simulações práticas de operações agrícolas aperfeiçoando ao máximo antes do desenvolvimento da máquina real.

Como referencial para desenvolvimento utilizam-se modelos de chassi de máquinas e seus respectivos ajustes, sistemas empregados nas operações vantagens e desvantagens. Usando uma fundamentação teórica é possível desenvolver um sistema eficaz, aplicável, e impactando no tempo de setup e redução recursos para executar múltiplas operações.

Portanto, objetivou-se com este trabalho desenvolver um sistema que permite a regulagem da distância entre os trens rodantes do equipamento agrícola de forma automatizada.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Desenvolver um sistema que permita a regulagem da distância entre os trens rodantes do equipamento agrícola de forma automatizada.

#### **2.2.1 Objetivo específico**

- Usar servo motor como atuador para movimentar hastes telescópicas bloqueando a bitola no próprio redutor;
- Desenvolver um protótipo de chassi;
- Desenvolver longarinas transversais com perfil definido por software usando análise por elementos finitos, compatíveis com chassis e servo-motor comerciais;
- Projetar um sistema de controle da distância entre as esteiras com saída de potência para acionamentos dos servos motores.

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

### 3.1 Cultivo de culturas e espaçamentos

Atualmente existem os mais diversos tipos de máquinas agrícolas, porém há uma carência em determinados setores gerando um grave gargalo na cadeia produtiva desse âmbito agrícola e a falta de equipamentos capazes de atender a alguns setores da produção agrícola. Essa carência causa problemas em termos de exigências agrônomicas das diversas espécies olerícolas, como em relação ao tempo gasto na execução de diferentes operações agrícolas ainda é elevado (MASCARENHAS; ROCHA, 1997).

Este problema se agrava enormemente quando se considera que a horticultura brasileira tem se reinventado e aumentado muito de escala em função da gigantesca demanda apresentada pelos consumidores, regiões como a Chapada Diamantina\BA e São Gotardo\MG produzem hortícolas em escala milhares de vezes maior do que as tradicionais hortas dos pequenos agricultores, em sistemas de produção altamente técnicos com Pivôs-Centraís (SCHMIDT et al., 2004). Regiões como Holambra-SP em cultivos protegidos que utilizam inclusive tecnologia robótica na produção das hortícolas.

No contexto técnico da semeadura, o problema tecnológico foi resolvido com a utilização de modernas máquinas pneumáticas que utilizam a força de sucção de uma bomba de vácuo para capturar a semente e transportá-la dentro de uma canaleta até o solo (SILVA, 1996).

Em termos de condução de cultura o problema também já foi resolvido com a adoção de sistemas robóticos em cultivo protegido, máquinas autopropelidas e até aviões (MELO, 2013). Na área de pós-colheita já existem tecnologias e procedimentos uniformes que desde que adotados asseguram a qualidade das hortaliças produzidas nos diferentes sistemas de produção empregados no País (MORETTI, 2003).

O grande desafio atual no setor de mecanização agrícola de hortícolas é a colheita. De nada adianta a semeadura, a condução de cultura, os tratos culturais e a pós-colheita serem realizados mecanicamente com alta eficiência, enquanto a colheita ainda é realizada de forma manual e sem padrão de qualidade. Segundo Anselmi (2013), as perdas chegam, em alguns casos, a índices entre 40 e 50%, e o principal vilão é a colheita.

A exemplo de alguns cultivos, é notório a diversidade de ajustes para adequação das máquinas e implementos desde o preparo inicial do solo, preparo periódico, máquina para semeadura e máquinas para colheita podendo ser citados a alface, cenoura, cebolinha, rúcula, cebola e o repolho.

### 3.1.1 *Alface*

A alface (*Lactuca sativa*), Figura 1, é a hortaliça folhosa mais comercializada no Brasil, sendo considerada uma cultura hortícola de grande consumo. Devido ao seu baixo valor calórico qualifica-se para diversas dietas, o que favorece grandemente o seu consumo de uma maneira geral, constituindo-se em componente imprescindível nas saladas dos brasileiros (FERNANDES et al., 2002).

Figura 1 - Alface (*Lactuca sativa*)



Fonte: Strumpf (2018).

No Brasil, as alfaces mais conhecidas e consumidas são as crespas e as lisas, algumas das quais foram melhoradas para o cultivo de verão ou adaptadas para regiões tropicais, com temperaturas e pluviosidade elevadas, mas nos últimos anos também apareceram cultivares roxas e com as folhas frisadas.

A definição dos tipos de alface é importante porque a diversidade nas características morfológicas e fisiológicas entre os grupos determina grandes diferenças na conservação pós-colheita e, conseqüentemente, nos aspectos de manuseio (HENZ; SUINAGA, 2009).

Para o semeio da alface em canteiros de 1 x 50 m geralmente utiliza-se as seguintes especificações: espaçamento entre plantas na faixa de 25 a 35 cm e entre as fileiras de 30 a 40 cm. Já as alturas dos canteiros no plantio de inverno são de 12 cm e de 20 cm no verão. O ciclo da cultura é de 70 a 90 dias em 3 linhas por canteiro (ATIVIDADE RURAL, 2011).

### 3.1.2 *Cenoura*

A cenoura (*Daucus carota* L.), Figura 2, é uma das hortaliças com maior destaque no cenário nacional, correspondendo a 6% da produção total de hortaliças (VILELA; HENZ, 2000). Segundo Vilela e Borges (2008), a cenoura é posta em evidência principalmente por apresentar elevada capacidade de geração de emprego e renda em todos os segmentos de sua cadeia produtiva durante o ano inteiro. Em face disso, instituições de pesquisa como a Embrapa e empresas produtoras de semente dão ênfase a programas de melhoramento de cenoura em seu portfólio de pesquisa.

Figura 2- Cenoura (*Daucus carota* L.)



Fonte: Líder Agronomia (2018).

No Brasil, antes de 1981, as cultivares de cenoura disponíveis no mercado eram estrangeiras, principalmente originárias da França, dos Estados Unidos e do Japão e voltadas para o cultivo no inverno, a partir daí, em programas de melhoramento nacionais, foram desenvolvidas novas cultivares adaptadas às condições climáticas brasileiras, que possibilitaram significativo aumento de produtividade e elevada redução nos custos finais da produção e produtividade elevada, resultando em alta rentabilidade e retornos econômicos compensadores (VILELA; BORGES, 2008).

O semeio da cenoura em canteiros de 1x50 m com 25 cm de altura é realizado em espaçamento de 5 cm entre plantas e de 20 cm entre fileiras em cinco linhas por

canteiro. A altura média da planta é de 30 cm, com um ciclo reprodutivo de 95 a 120 dias (VIEIRA, 1997).

### 3.1.3 *Cebolinha*

A cebolinha (*Allium schoenoprasum* L.), Figura 3, originário provavelmente da Europa, é uma das espécies contempladas pelo projeto “Produção, processamento e comercialização de ervas medicinais, condimentares e aromáticas” coordenado pela Embrapa. Trata-se de uma erva perene pequena que atinge, no máximo, 30 cm de altura; folhas cilíndricas, lineares e longas; bulbos tunicados e arredondados, formados de 8-12 bulbilhos (dentes); flores arroxeadas organizadas em inflorescências globosas do tipo umbela, que partem de uma haste floral (VAZ; JORGE, 2007).

Figura 3 - Cebolinha (*Allium schoenoprasum* L.)



Fonte: Go Botany (2018).

O semeio da cebolinha em canteiros de 1 x 50 m com 20 cm de altura é realizado em espaçamento de 10 cm entre plantas e de 20 cm entre fileiras dentro de 5 linhas por canteiro. A altura máxima que a planta atinge é em torno de 30 cm com um ciclo de 90 a 120 dias (MAKISHIMA, 1993).

### 3.1.4 *Rúcula*

A Rúcula ou pinhão (*Eruca sativa*), Figura 4, é uma hortaliça folhosa da família Brassicaceae muito aceita por seu agradável paladar e pela facilidade em seu cultivo, possui ação desintoxicante e estimulante intestinal. Em regiões de clima ameno, pode ser plantado o ano todo. Sendo a colheita feita arrancando-se as plantas com as raízes ou cortando-as rente ao solo. É originária da Europa, Ásia Ocidental e Norte da África (MINAMI, 1998).

Figura 4 - Rúcula (*Eruca sativa*)



Fonte: Unerti (2017).

O plantio da rúcula em canteiro de 20 cm de altura com dimensões de 1x50 m é realizado em espaçamento de 25 cm entre fileiras e de 5 a 10 cm entre plantas, geralmente 4 linhas por canteiro. O ciclo da cultura varia de 35 a 65 dias, a altura da planta de 20 cm (MINAMI, 1998).

### 3.1.5 Cebola

A Cebola (*Allium cepa* L.), Figura 5, originária da Ásia. Planta perene (biental) de caule longo, com até 1,20 metros de altura; bulbo globoso com escamas membranáceas carnosas e suculentas, de cor esbranquiçada ou avermelhada; presença de raízes; folhas ocas e tubulosas que nascem dentro do bulbo; flores no ápice do pedúnculo, brancas ou

esverdeadas; fruto em forma de cápsula triangular; sementes angulosas, compridas e escuras (FILGUEIRA, 2003).

Figura 5 - Cebola (*Allium cepa* L.)



Fonte: Stumpf (2018).

O semeio da cebola é realizado em espaçamentos entre fileiras 20 cm e entre plantas de 5 a 10 cm, canteiros com 20 cm de altura, 1 m de largura e 50 m de comprimento, em 4 linhas por canteiro (COSTA ND, 2012).

### **3.1.6 Repolho**

O Repolho, subespécie da (*Brassica oleracea*), Figura 6, grupo Capitata, é uma variedade peculiar de couve, constituindo um dos vegetais mais utilizados na cozinha, em diversas aplicações (sopas, conservas, acompanhamentos, massas, etc). É uma planta bianual, herbácea, da família das Brassicaceae ou crucíferas, as folhas

superiores do caule aparecem encaixadas umas nas outras, pode ser semeado diretamente, ainda que o normal seja o plantio em canteiros, fazendo-se, posteriormente, mudas que são transplantadas definitivamente, com o devido espaçamento entre as plantas, para que se possa desenvolver de forma adequada (AJALLA, 2006).

Figura 6 - Repolho (*Brassica oleracea*)



Fonte: Plantifo (2018).

O plantio é realizado em covas com espaçamento 80 cm entre fileiras e 50 cm entre plantas, profundidade da cova 30 x 30 x 30 cm, comprimento da fileira 50 m. altura da planta 35 cm (EMBRAPA, 2009).

Essas culturas citadas demonstram a diversidade que existe durante o plantio de hortaliças e verduras, que possuem diferentes espaçamentos entre fileiras e plantas, portanto, a necessidade de uma máquina que possa se adequar facilmente a essas várias opções de plantio.

### **3.2 Inovações tecnológicas nas máquinas agrícolas**

O fenômeno da inovação tecnológica é complexo e se manifesta a partir de diversos níveis, em processos multicausais e retroalimentados e com a atuação mais ou menos determinante de diversos atores (ZACKIEWICZ et al., 2005).



Idier (2000) chama a atenção para o componente motivacional da inovação e observa o quanto as imagens socialmente compartilhadas sobre o futuro, incluindo aí fatores culturais, psicológicos e estéticos que influenciam as decisões e, portanto, as trajetórias tecnológicas.

Segundo REDETEC-RJ (2008) um ambiente favorável a inovação é um fenômeno sistêmico que envolve diversos atores e suas interrelações, principalmente nas esferas governamental, empresarial e acadêmica. Tal modelamento é conhecido como hélice tríplice.

Existem cinco tipos de inovação: introdução de novos produtos; introdução de novos métodos de produção; abertura de novos mercados; desenvolvimento de novas fontes provedoras de matérias-primas e outros insumos; e criação de novas estruturas de mercado em uma indústria. Estas inovações convertem-se em tecnologias que podem ser consideradas como qualquer nova solução técnica para um problema específico, sendo, portanto, passível de proteção como segredo industrial, patente ou modelo de utilidade, ou ainda como desenho industrial (SANTOS et al., 2009).

A rápida evolução da eletrônica, associada à expansão crescente do mercado, tem possibilitado o acesso à tecnologia e ferramentas de ponta que antes eram disponíveis em laboratórios bem equipados e centros de pesquisa (GOMIDE, 1998).

A pesquisa agrícola e inovação tecnológica desempenha um papel importante na economia global de um país sendo responsável por uma parcela importante do seu PIB. O desenvolvimento e a pesquisa são fundamentais para a promoção de um ambiente favorável à inovação e uma bioeconomia sustentável (SARKAR et al., 2018).

A engenharia agrícola, de um modo geral, tem se beneficiado desse avanço tecnológico, seja no desenvolvimento de novos equipamentos agrícolas, seja na adaptação dos já disponíveis em outros setores da produção (VILELA et al., 2003). Cavallo et al. (2014) relatam que as inovações e evoluções dos tratores vem da demanda dos usuários que necessitam desse aperfeiçoamento, a necessidade faz com equipamentos rústicos evoluam para ferramentas modernas melhorando sua função.

Alguns exemplos podem ser mencionados com o uso desse desenvolvimento tecnológico, Leib, Mattews e Kroeger (1999) desenvolveram um sistema de monitoramento da irrigação em tempo real com “*microloggers*”. Os autores chamam a atenção para conservação da água, economia de energia, aumento da produtividade e da qualidade além da redução da poluição.

Bianchini et al. (2002) desenvolveram um penetrógrafo eletrônico automático, equipamento utilizado para medir a resistência a penetração. Foi utilizado um microcontrolador da Família 16F87X e sistema de comunicação via satélite para obtenção de latitudes de longitudes. O equipamento possui memória para armazenamento de até 187 ensaios e sistema de comunicação com o PC para esvaziamento da memória a qualquer momento.

O meio rural vem se modificando e cada vez mais evoluindo. Essa evolução se deve ao uso de tecnologias que aumentam a capacidade de trabalho e a precisão dos equipamentos. Alguns desses avanços tem sido possível graças ao uso de automação, instrumentação e ferramentas de suporte à tomada de decisão (MANTOVANI; QUEIROZ; DIAS, 1998).

Em 2012, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) ao instituir a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP), definiu a Agricultura de Precisão como: “um sistema de gerenciamento agrícola baseada na variação espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente” (BRASIL, 2012).

Em 1929, num boletim do campo experimental de Illinois, Linsley e Bauer recomendavam ao produtor desenhar um mapa com testes de acidez em solos amostrados em grade para aplicação de calcário. Segundo a literatura, esse é o mais antigo registro de que a variabilidade era conhecida e que já se recomendava ao agricultor levá-la em conta Stafford (2000).

Na década de 80 era disseminado o uso da eletrônica embarcada em veículos influenciando o desenvolvimento das máquinas agrícolas. Softwares de desenhos em computadores (*Computer-Aided Designe - CAD*), assim como desenhos de mapas e visualização de imagens de satélite estavam sendo desenvolvidos para terminais gráficos considerados na época de alto desempenho. O primeiro sistema global de navegação por satélite (*Global Navigation Satellite Systems - GNSS*) desenvolvido pelos EUA e denominado de GPS (*Global Positioning System*) iniciou as primeiras operações em 1978, e considerado operacional em 1995 (INAMASU; BERNARDI, 2014).

Até o final da década de 90, as indústrias de máquinas agrícolas brasileiras ainda não acompanhavam a inovação realizada pela integração da eletrônica e da informática. Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2006). Sistemas de automação de máquinas e equipamentos (ex: mecanismos de regulagem e controladores de fluxo de sementes, fertilizantes e

defensivos) e de coleta de dados (ex: sensores de desempenho de aplicadores de insumos, informações climatológicas) sozinhos não são propriamente dispositivos de agricultura de precisão, pois, por si só não permitem o manejo sítio-específico das lavouras, mas fornecem informações importantes para o diagnóstico de fatores condicionantes de variabilidade nas lavouras e auxiliam na tomada de decisão visando melhoria do manejo das culturas (INAMASU, 2011).

Agricultura de Precisão tem se beneficiado com a automação de máquinas e implementos agrícolas por meio do uso de sistemas eletrônicos embarcados compostos por programas de computadores e dispositivos eletrônicos e de hardwares. No início, os fabricantes desses sistemas se preocupavam com a confiabilidade, facilidade de instalação e de uso. O problema é que pouca atenção foi dada para que esses sistemas fossem facilmente integrados com outros disponíveis produzidos por outros fabricantes (HASSALL, 2010).

Para suprir essa necessidade de integração dos diferentes sistemas eletrônicos embarcados, padrões de redes de comunicação têm sido desenvolvidos. Destaca-se o esforço entre diversos países, coordenado por Forças Tarefas da Europa e dos Estados Unidos, para a geração e aplicação de uma norma internacional denominada ISO 11783, também conhecida industrialmente por ISOBUS. Ela é baseada no protocolo de comunicação digital serial “*Controller Area Network*”.

Segundo Saraiva e Cugnasca (2006) relatam em seu estudo o uso de uma rede serial para comunicação e controle de veículos agrícolas, como tratores e seus implementos, de modo a tornar disponível uma padronização para sistemas embarcados em máquinas e equipamentos agrícolas. Porém, o grupo do FIT Brasil tem buscado criar competência no País por meio de domínio das tecnologias envolvidas e divulgar o benefício do padrão (ISOBUS, 2016). A exemplo da tecnologia de piloto automático, amplamente difundida na agricultura de precisão, permite que um veículo agrícola trafegue pela lavoura sem intervenção humana sendo a coleta de informação dos sensores do motor, direção, localização espacial entre outros e a atuação na direção realizada de forma transparente e automática. Ainda nesse exemplo, o agricultor poderia monitorar em tempo real a rota realizada por meio de um aplicativo instalado em um tablet em qualquer lugar do mundo (HEST, 2013).

Apesar de toda tecnologia embarcada nas máquinas e implementos agrícolas, elas permanecem com os sistemas de regulação de bitola de eixo pré-definidos, a distância padrão entre rodados, a bitola dianteira, bitola traseira, vão livre vertical e vão

livre horizontal dependem da montagem física da máquina agrícola, tipo de rodados, fazendo com que a tração seja ajustada quando possível em função do espaçamento da cultura e do tipo de operação.

Os ajustes mais comuns são: ajustes de eixo telescópico aplicado em conjunto dianteiro 4x2. Quanto ao eixo traseiro, depende do tipo de rodado, pode ser roda do tipo aro e disco reversível, roda tipo arroseira, roda com disco fundido, roda com bitola autoajustável sistema PAVT e roda com pinhão e cremalheira (cubo ajustável) (MONTEIRO, 2009). A regulagem do conjunto é de fundamental importância, pois influi diretamente na qualidade da operação, no rendimento do conjunto, no gasto de combustível, redução nos reparos e aumento da produtividade.

### **3.3 História e as características do trator**

A revolução industrial e a população demandando cada vez mais alimentos colocou a Europa, em geral, em situação delicada a necessidade de aumentar a produtividade agrícola para suprir a subsistência.

Em meados do século dezenove, a população urbana europeia aumentou em cerca de 200 milhões de pessoas, em um grande processo de urbanização que culminou em um processo de migração rural para a cidade, diminuindo o contingente de pessoas que trabalhavam no campo (DERRY; WILLIANS, 1977; FONSECA, 1990).

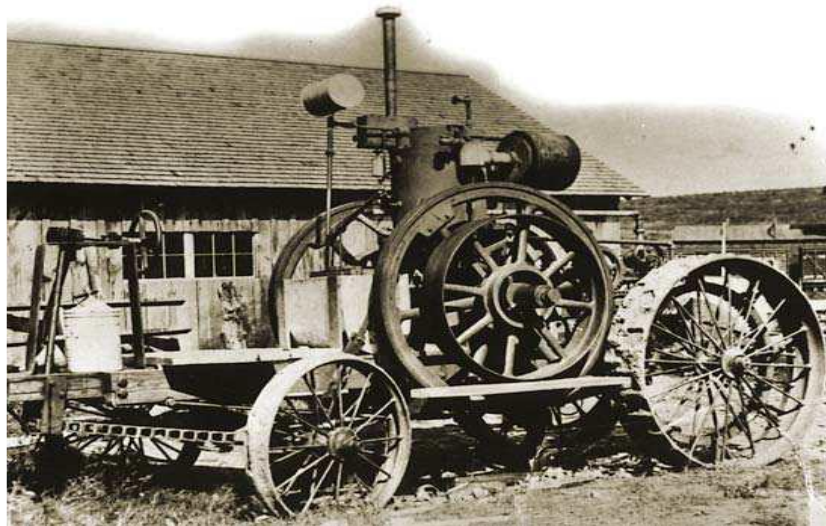
Foi a partir das semeadoras que o processo de mecanização tomou grande impulso, já que este tipo de plantio, para grãos, economizava 54,5 litros de sementes e elevava a produtividade da colheita em 10,5 hectolitros por hectare, demonstrado por Thomas Coke (FONSECA, 1990).

As colhedoras, inventadas na Grã-Bretanha e Estados Unidos da América em meados de 1780 foram efetivamente usadas meio século depois. Uma nova versão de colhedoras surgiu em 1833, quando o americano Obed Hussey, criou uma máquina mais prática que a colheitadeira do escocês Bell, projetada para ser puxada por animais de tração. O modelo consagrou-se com o aperfeiçoamento de Cyrus McCormick (FONSECA, 1990; HUGHES, 1976).

A fabricação de tratores atingiu seu auge em 1913, quando dez mil tratores foram fabricados. O primeiro trator a gasolina foi construído em 1892 na manufatura de Froelich, nos Estados Unidos (Figura 7). Tal projeto foi adquirido por John Deere,

servindo como base para seus tratores no início do século. Somente em 1895 foi apresentada um projeto de automóvel movido à gasolina, projetado por Selden.

Figura 7 - Trator Froelich movido à gasolina



Fonte: Campsilos (2017)

A primeira fábrica de trator, Hart-Parr Company, surgiu em Iowa, estado norte americano, em 1905, por meio de grande esforço de um grupo de pesquisadores da Universidade de Wisconsin, logo depois esta empresa foi incorporada por Oliver (FONSECA, 1990).

Nos anos de 1950, as máquinas agrícolas entraram num processo de convergência. Este processo iniciou-se após a criação do design do trator Ferguson, que serviu de padrão para outros fabricantes. Essa padronização foi acompanhada, também, pela ampliação da gama de produtos vendidos pelos fabricantes de tratores, que passaram a desenvolver e comercializar implementos que acompanhavam este produto, associados no conceito de “*full-lines*”, que permitiu maior integração da indústria no mundo, a partir da padronização Ferguson, gerou-se o intercâmbio de componentes a nível mundial (FONSECA, 1990).

### **3.4 Classificação geral dos tratores**

Costa et al. (2018) relatam que a utilização de tratores na agricultura atualmente é um elemento chave para o aumento da produtividade e da qualidade da produção agrícola no meio rural, já que a máquina é capaz de executar as operações em

um tempo mais diminuto que técnicas manuais, com mais eficiência e diminuição dos custos de produção.

Par esses benefícios o trator agrícola é uma máquina projetada especialmente para fornecer potência para tracionar, empurrar, acionar ou transportar máquinas e implementos agrícolas de arrasto ou montados. A classificação geral dos tratores agrícolas leva em consideração dois critérios básicos, são eles: o tipo de rodado e o tipo de chassi (VARELLA, 2011).

### 3.5 Tipos de rodado

Os tratores de roda têm a característica de conferir à máquina maior tração, estabilidade e rendimento operacional. Constituem o tipo predominante para uso agrícola, cujo número de rodas determina os subtipos (VARELLA, 2011). Os tratores de duas rodas (Figura 8) possuem suas rodas motrizes, o operador caminha atrás do conjunto e são conhecidos como tobatas ou microtratores (SANTOS, 2001).

Figura 8 - Esquema de um trator de duas rodas



Fonte: Santos (2001).

Os tratores triciclos (Figura 9) possuem duas rodas traseiras motrizes e uma roda na frente; e são utilizados como tratores de jardinagem e ceifadores (SANTOS, 2001).

Figura 9 - Esquema de um trator de três rodas



Fonte: John Jeere.

Os tratores de quatro rodas (Figura 10) possuem duas rodas movidas e duas rodas atrás com diâmetro maior às anteriores. Podem ser de dois tipos ou modelos: 4 x 2 (4 rodas, sendo 2 para tração) e 4 x 4 (4 rodas, sendo as 4 para Tração) (VARELLA, 2011).

Figura 10 - Esquema de um trator de quatro rodas



Fonte: John Jeere.

Os tratores de semi-esteiras (Figura 11) são tratores de quatro rodas, porém modificadas, de forma a admitirem o emprego de uma esteira sobre as rodas traseiras motrizes (VARELLA, 2011).

Figura 11 - Esquema de um trator de semi-esteiras



Fonte: Soucy Track.

Os tratores de esteira (Figura 12) possuem o rodado constituídos, basicamente, por duas rodas motoras dentadas, duas rodas guias movidas e duas correntes sem fim, formadas de elos providos de pinos e buchas dispostos transversalmente, denominados esteiras. As rodas dentadas transmitem movimento às esteiras que se deslocam sobre o solo, apoiadas em chapas de aço ou borrachas denominadas sapatas. Uma estrutura de apoio e um conjunto de roletes completam esse tipo de rodado (SANTOS FILHO; SANTOS, 2001).

Figura 12 - Esquema de um trator de esteiras



Fonte: John Jeere.

### 3.6 Ajuste de Bitola

A bitola pode ser ajustada de acordo com as operações que deseja executar, tais como: tipo de cultura, tipo de solo, condições do solo, tipo de operação e equipamento

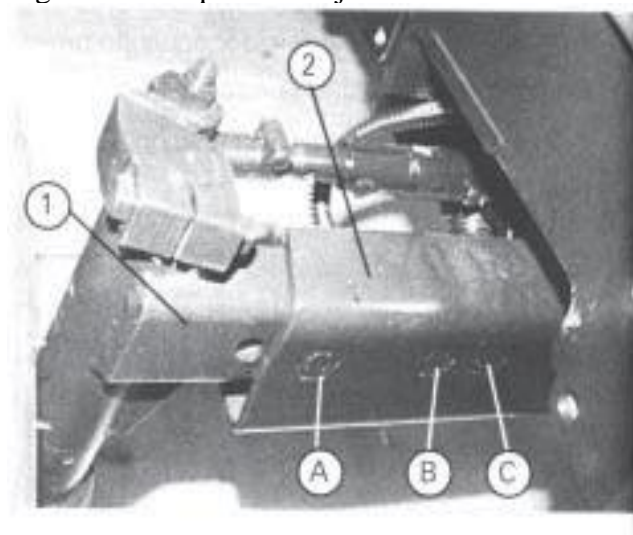


utilizado. A bitola é de fundamental importância na adaptação do conjunto motomecanizado trator-implemento a atividade agrícola que se deseja realizar.

### 3.6.1 *Procedimento para o ajuste de bitola eixo dianteiro 4 x 2*

O ajuste da bitola dianteira pode ser realizado pelo ajuste da barra telescópica. O deslocamento da barra telescópica (1) pode ser para dentro ou para fora da canaleta (2) presa na mesa central do Trator. Nesse procedimento também são ajustadas as barras transversais da direção, onde o posicionamento dos furos combina com a alteração da bitola em 50 mm no respectivo braço fixado pelos parafusos (A), (B), (C) como ilustra a Figura 13 (MONTEIRO, 2009).

Figura 13 - Esquema de ajuste eixo dianteiro 4 x 2

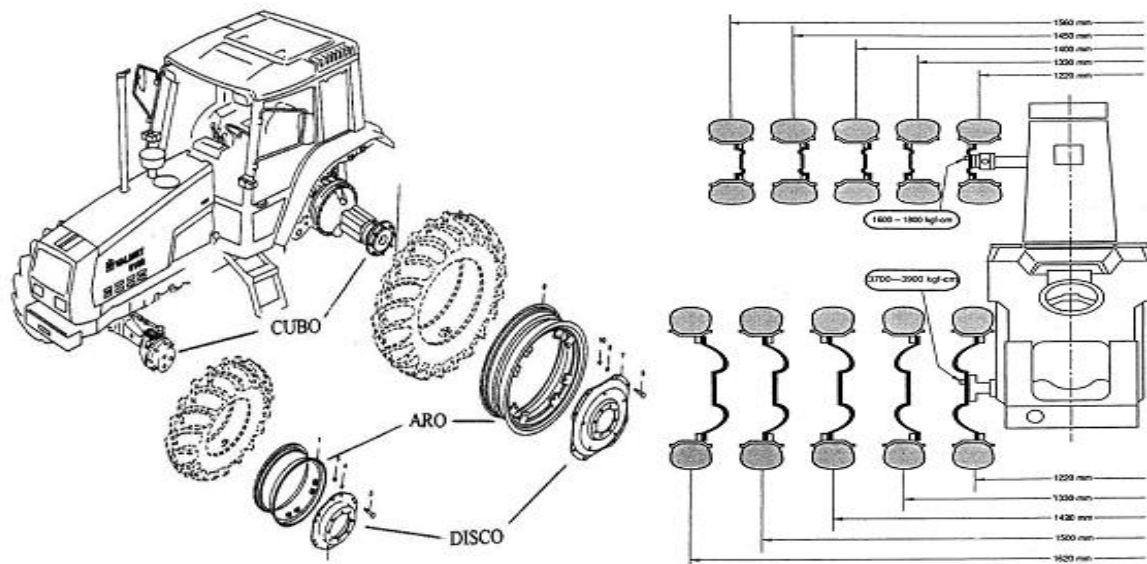


Fonte: New Holland.

### 3.6.2 *Procedimento para o ajuste de bitola eixo dianteiro 4 x 4*

Trata-se do sistema mais comum de alteração da bitola, quer em eixos traseiros quer em eixos dianteiros motrizes. É efetivado pela alteração das posições de montagem do aro no disco, e/ou pela inversão da posição de montagem do disco no cubo da roda, como se mostram nas Figuras 14A e 14B seguintes (PEÇA, 2012).

Figura 14 - Esquemas de ajuste dos eixos 4 x 4 (A) e de medidas dos eixos em 4 x 4 (B)

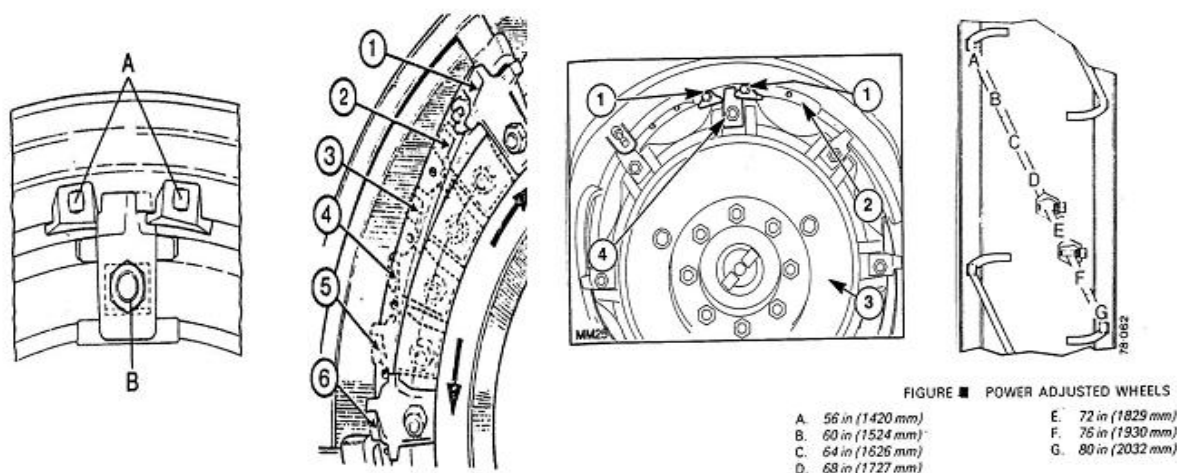


Fonte: Tractor Deutz Fahr Agrofarm 420 – 2009/2010.

### 3.6.3 *Power Adjustable Variable Track (Trilha Variável Ajustável por Potência) -Jantes P.A.V.T-*

Nesse processo de ajuste da bitola, (Figura 15) o disco (3) está fixado, por grampos (4), a calhas (2), soldado ao aro da roda. Estas calhas estão em diagonal em relação ao aro. O posicionamento em diagonal das calhas no aro faz com que ao movimentarem-se os grampos nas respectivas calhas, se produza um deslocamento do aro (e, portanto, do pneu) para dentro ou para fora, em relação ao disco, alterando a bitola. Em condições de trabalho os grampos são impedidos de deslizar nas calhas por batentes (1), enroscados em furos existentes nas calhas. Os furos das calhas permitem o posicionamento dos grampos em várias posições diferentes, entre os batentes (Figuras 15A e 15B) (PEÇA, 2012).

Figura 15 - Esquema de ajuste P.A.V.T. (A) e da trava do ajuste P.A.V.T. (B)

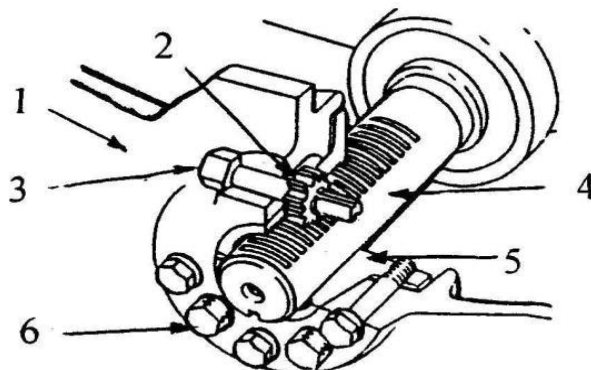


Fonte: Agrofarm (2010).

### 3.6.4 Sistema pinhão e cremalheira

Para promover o deslocamento axial do conjunto pneu/jante alguns sistemas possuem um par constituído de pinhão e cremalheira (Figura 16), estando o pinhão (2) inserido na manga de aperto e a cremalheira talhada no semi-eixo (4), através do parafuso (3), solidário com o pinhão, que se efetua o ajuste da bitola. Do mesmo modo que nas jantes P.A.V.T., a vantagem deste processo de alteração da bitola, reside no fato do conjunto da jante e pneu não necessitar de ser retirado do trator, aspecto importante em tratores de média e elevada potência, em que, o conjunto pneu/jante tem um peso considerável (PEÇA, 2012).

Figura 16 - Esquema de ajuste pinhão cremalheira



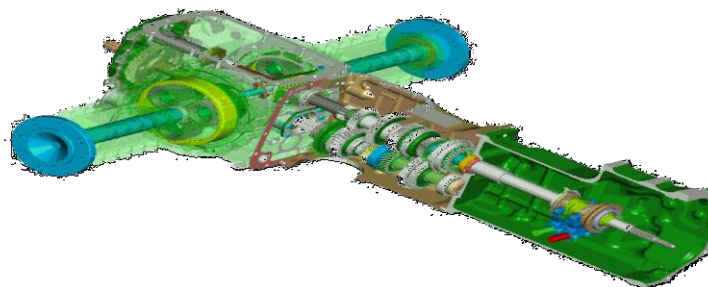
Fonte: Agrofarm (2010).

### 3.7 Tipos de estruturas de chassis

#### 3.7.1 *Monobloco*

A estrutura monobloco é formada pela união dos próprios componentes do trator (motor-transmissão-diferencial) como mostra a Figura 17 (VARELLA, 2011).

Figura 17- Chassi monobloco



Fonte: John Jeere.

#### 3.7.2 *Chassi*

O chassi propriamente dito, normalmente equipa tratores acima de 90 cv. Este tipo de estrutura foi desenvolvido com objetivo de não submeter à transmissão, e nem o motor do trator, a esforços de torção devido à tração desenvolvida pelo trator. A estrutura de chassi permite montar o motor sobre coxins de borracha, facilitando o acoplamento de equipamentos frontais e adequação de pesos frontais (Figura 18) (PEÇA, 2012).

Figura 18 - Estrutura de chassi propriamente dito

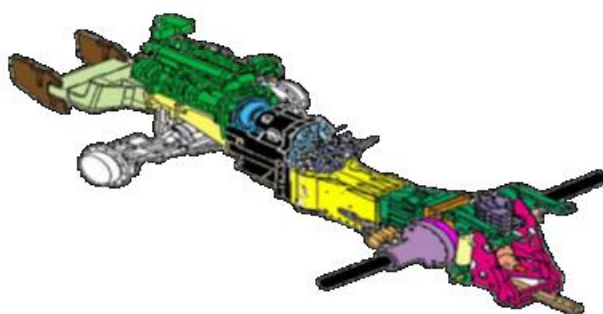


Fonte: John Jeere.

### 3.7.3 *Semichassi*

A estrutura de semichassi é geralmente utilizada para montar tratores entre 180 e 350 cv. O objetivo deste conjunto é evitar que os esforços sejam diretamente absorvidos pelo motor. O semichassi apresenta características de trator rígido, fácil de fazer manobras e de adequar implementos (Figura 19) (VARELLA, 2011).

Figura 19 - Estrutura de semichassi



Fonte: John Jeere.

### 3.7.4 *Chassi articulado*

Os tratores com o chassi articulado foram desenvolvidos com o objetivo de conseguir aumentar a transferência de potência do trator para o solo. Com um chassi articulado é possível o uso de pneus de maior diâmetro no eixo dianteiro e com isso aumentar a capacidade de tração dos tratores. Contudo, este tipo de chassi tem menor versatilidade para acoplamento de implementos e maior dificuldade na realização de manobras (Figura 20) (VARELLA, 2011).

Figura 20 - Estrutura de chassi articulado



Fonte: PROTON (2006).

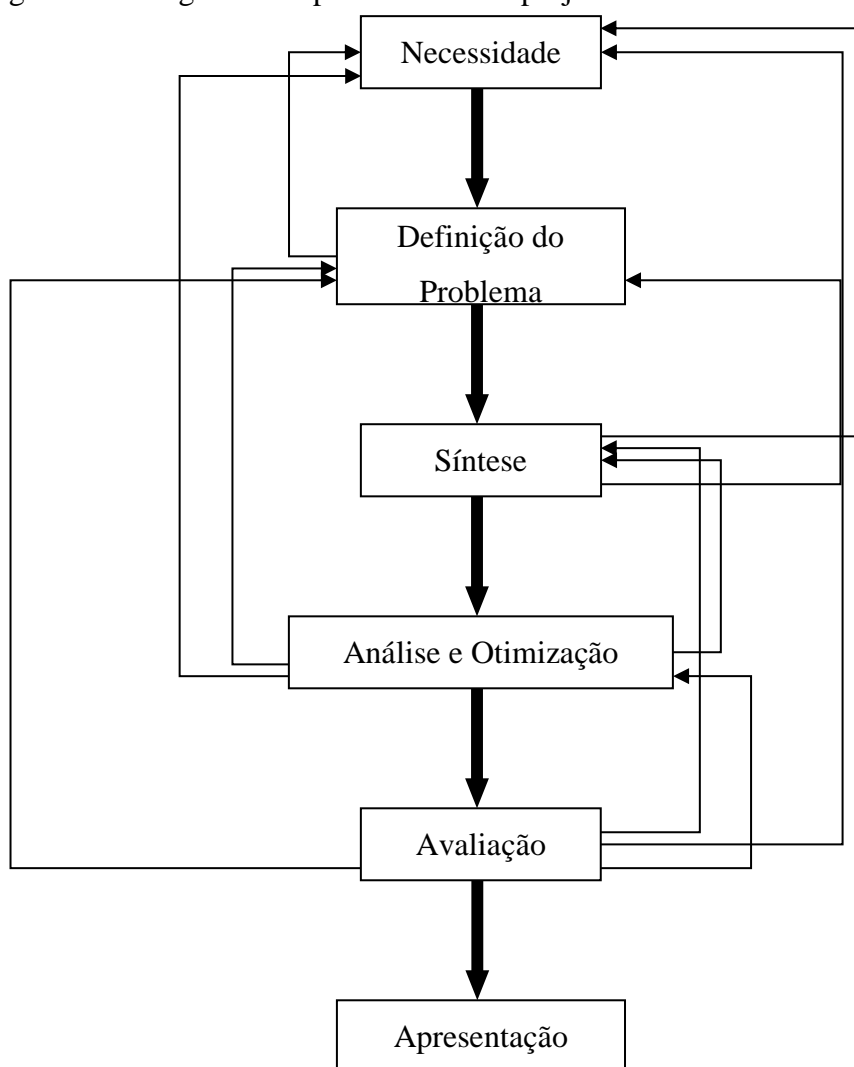
### 3.8 Projetos de bitola variável em máquinas

Um dos primeiros passos para resolver qualquer projeto de máquinas é definir a configuração cinemática necessária para fornecer os movimentos desejados ao conjunto dos rodantes. A mobilidade de um sistema mecânico pode ser classificada de acordo com o grau de liberdade que possui. O deslocamento de um ponto ao outro e a mudança da sua posição pode ser definido como a distância em linha reta entre a posição inicial e a final (NORTON, 2010).

Ao trabalhar com o sistema de referência Fases e Interações do Processo de Design o engenheiro deve definir alguns pontos pra o melhor desempenho, dentre esses podem ser citados: o processo de design usado; o início do processo; fatores que o levaram a tal decisão; medidas posteriores ao desenvolvimento; e por fim as medidas tomadas para a concretização do processo de design (SHIGLEY, 2006).

O processo de design completo, do início ao fim, é geralmente descrito como na Figura 21. O processo começa com uma identificação de uma necessidade e uma decisão de fazer algo sobre isso. Descoberto a necessidade verifica-se a problemática dessa necessidade de forma a tentar sana-la. Posteriormente é realizada a síntese da necessidade, do problema, e de uma possível solução gerando assim a ideia do projeto. A fase seguinte é a verificação da viabilidade do projeto e otimização do mesmo. Dando seguimento é realizado a avaliação do projeto. Após muitas iterações, o processo termina com a apresentação dos planos para satisfazer a necessidade. Dependendo da natureza da tarefa de design, vários projetos podem ter fases repetidas ao longo da vida útil do produto, desde o início até a finalização (SHIGLEY, 1986).

Figura 21 - Diagrama simplificado de um projeto mecânico



Fonte: SHIGLEY (1986).

Uma máquina agrícola possui elementos e subsistemas acoplados que concorrem para operacionalizar a função de realizar tarefas agrícolas, por isso os autores afirmam que decisões e simplificações de projeto são necessárias para configurar combinações de elementos de máquinas em funções específicas variáveis com o tempo e com o clima (ALBIERO, 2010).

Segundo Collins (2006), entre as etapas de um projeto deve-se conter à seleção de materiais visando: análise dos requisitos para execuções adequadas a aplicação, montagem de uma lista de materiais adequados com dados pertinentes à avaliação de desempenho nas razões resistência /peso, resistência/níveis de ruptura, dureza, etc.

O objetivo final do projeto de máquinas é dimensionar e dar forma às peças (elementos de máquinas) e escolher os materiais e os processos de manufatura

apropriados, de modo que a máquina resultante possa desempenhar a função desejada sem falhar. Isso exige que o engenheiro seja capaz de calcular e de prever o modo e as condições de falha de cada elemento e, então, projetá-lo para prevenir tal falha, o que requer que uma análise de tensão e deflexão seja feita para cada peça.

Deve ser realizado a análise das forças, momentos, torques e dinâmica do sistema antes das tensões e deflexões poderem ser completamente calculadas, tendo em vista que as tensões são funções dos esforços aplicados da inércia, assim como da geometria da peça (NORTON, 2013).

As vigas são componentes estruturais sujeitas a cargas transversais. No protótipo da máquina será aplicado o número de vigas necessárias para suportar o carregamento e promover o deslocamento dos conjuntos rodantes. Entre os exemplos de vigas incluem-se os eixos de máquinas, vigamentos para construção de lastros, feixes de molas, estruturas dos chassis de um veículo e diversos outros componentes de máquinas e estruturas (JUVINALL; MARSHEK, 2008).

Segundo Albiero (2011), o conceito de uma nova máquina pode ser realizado por meio de modificações de máquinas e equipamentos já existentes, pois estas modificações são necessárias para que se obtenha um ponto de equilíbrio entre eficiência operacional e respeito ao ambiente.

As propriedades mecânicas de um material são geralmente determinadas por meio de testes destrutivos de amostras sob condições de carregamento controladas. As cargas do teste não reproduzem com exata precisão as solicitações em serviço real que as peças da máquina são submetidas. Por esta razão, muitos dos dados de resistência publicados são considerados como valores mínimos. É com esta consciência que se devem ver todos os dados de propriedades de materiais adotados e garantir a segurança do projeto (NORTON, 2013).

Pensando na segurança e confiabilidade de projetos utiliza-se um coeficiente de segurança que vai ser influenciado por diferentes fatores (Tabela 1). O coeficiente de segurança em projetos (também chamado de *fator de segurança*) pode ser expresso de muitas formas. Ele é tipicamente a razão entre duas quantidades que possuem as mesmas unidades, como (resistência) / (tensão atuante), (esforço crítico) / (esforço aplicado), (esforço que quebra a peça) / (esforço esperado em serviço), (máximo número de ciclos) / (número de ciclos solicitados) ou (velocidade que quebra) / (velocidade em operação).



Tabela 1 - Fatores para determinar um coeficiente de segurança para materiais dúcteis

<b>Informações</b>	<b>Qualidade das informações</b>	<b>Fator</b>
<b>F1</b>		
Dados das propriedades dos materiais disponíveis a partir de testes	O material realmente utilizado foi testado	1,3
	Dados representativos de testes do material estão disponíveis	2
	Dados razoavelmente representativos de testes do material estão disponíveis	3
	Dados insuficientemente representativos de testes do material estão disponíveis	5+
<b>F2</b>		
Condições ambientais nos quais será Utilizado	São idênticas às condições dos testes de materiais	1,3
	Essencialmente igual ao ambiente de um laboratório comum	2
	Ambiente moderadamente desafiador	3
	Ambiente extremamente desafiador	5+
<b>F3</b>		
Modelos analíticos para forças e tensões	Os modelos foram testados em experimentos	1,3
	Os modelos representam precisamente o sistema	2
	Os modelos representam aproximadamente o sistema	3
	Os modelos são aproximações grosseiras	5+

Fonte: Norton (2014).

Um coeficiente de segurança é sempre adimensional. A forma de expressão de um coeficiente de segurança pode geralmente ser escolhida com base no tipo de esforço exercido sobre a peça Norton (2013). A Tabela 2 mostra um conjunto de fatores para materiais dúcteis que podem ser escolhidos em cada uma das três categorias listadas com base no conhecimento.

### 3.8.1 *Esforços em vigas*

As partes estruturais nas vigas são geralmente classificadas de acordo com os tipos de cargas que suportam. Por exemplo, uma barra carregada axialmente suporta forças com seus vetores dirigidos ao longo do eixo da barra, uma barra em torção suporta torques tendo seus vetores de momento direcionados ao longo do eixo. Vigas são partes estruturais sujeitos a cargas laterais, isto é, forças ou momentos tendo seus vetores perpendiculares ao eixo da barra.

Encontrar as forças de cisalhamento e os momentos de flexão é um passo essencial na concepção de qualquer viga. Geralmente precisamos conhecer não apenas os valores máximos dessas grandezas, mas também a maneira com que variam ao longo do

eixo. Uma vez que as forças de cisalhamento momentos de flexão são conhecidos, podemos encontrar as tensões, deformações e desvios conforme Gere (2004).

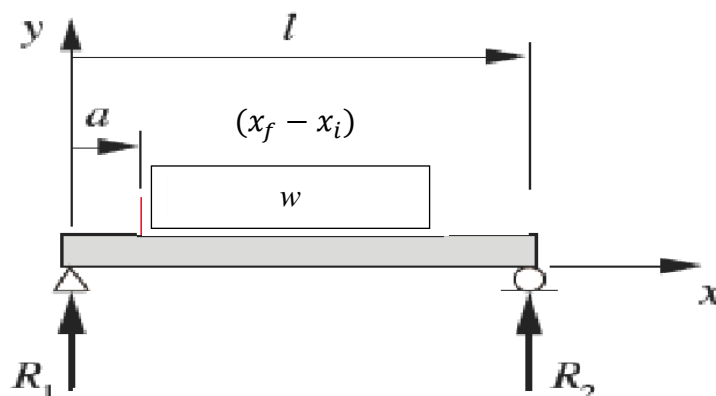
Segundo Norton (2013) na análise de carregamento a diferença entre uma situação de carregamento estático e um dinâmico é a presença ou não de acelerações Segundo Ribbeler (2008) o Esforço Cortante ( $Q$ ) é a resultante de forças de uma porção isolada sobre a outra porção na direção transversal ao eixo da barra na seção transversal de corte.

Uma viga apoiada em pinos ou apoios estreitos em cada extremidade é dita biapoiada. Uma viga fixa em uma extremidade e livre noutra é uma viga engastada. Uma viga biapoiada que se projeta além de seu apoio é uma viga biapoiada com extremidade em balanço. Se uma viga tem mais apoios do que o necessário para o equilíbrio estático (isto é, para fazer o grau de liberdade ser nulo), então, a viga é dita hiperestática ou indeterminada (HIBBELER, 2008).

A deflexão pode ser considerada nula em cada apoio simples (como uma primeira aproximação), e a rotação da viga é conhecida ou pode ser precisamente estimada em um engastamento. Isso fornece uma condição de contorno a mais para cada reação adicionada, permitindo que a solução seja calculada (NORTON, 2013).

Na análise de uma viga adota-se o elo de ligação entre as plataformas e laterais do sistema automático de mudança de bitolas com características biapoiada com carregamento distribuído como é apresentado na Figura 22.

Figura 22 - Viga biapoiada com carregamento distribuído



Fonte: Adaptado de Norton (2013).

O material utilizado na fabricação é importante na resistência da vida para suportar essas forças. A triagem de novos materiais com bom desempenho e a modelagem de relações quantitativas, entre outras questões, são temas com grande relevância no

campo da ciência dos materiais. Experimentos tradicionais e modelagem computacional consomem frequentemente muito tempo e recursos e são limitados por suas condições experimentais e fundamentos teóricos (LIU et al., 2017).

Szulc, Malujda e Talaska (2016) afirmam que a análise dos materiais é crucial, ajuda a identificar as condições de operação da máquina, permite minimizar o valor do fator de segurança e que valores baixos de fatores de segurança são baixos custos de fabricação. Ainda segundo os mesmos autores a verificação numérica de cálculos realizados com métodos como o de elementos finitos, teste de carga estática e de fadiga, consegue demonstrar se os valores de fatores são apropriados e se a estrutura é segura.

### 3.8.2 *Análise de estrutura auxiliado pelo software de CAE*

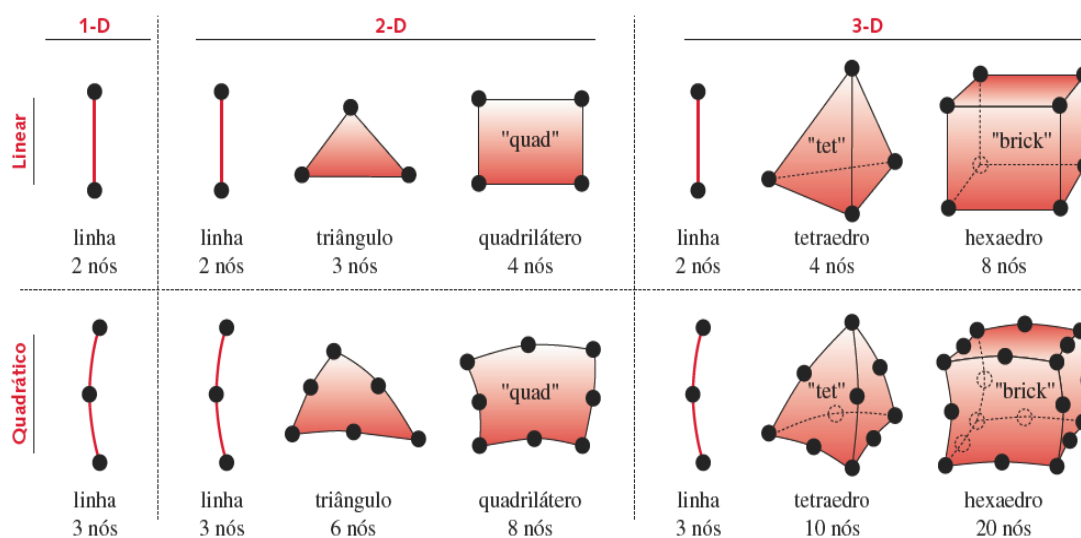
Os sistemas de modelo sólido geralmente oferecem uma interface para um ou mais programas de análise de elementos finitos (FEA) e permitem transferência direta da geometria do modelo para o programa de FEA para análise de tensões, vibrações e transferência de calor.

As tensões variam ao longo de qualquer componente. Dividindo esse componente em um número finito de *elementos* discretos conectados pelos seus *nós* (chamados de *malha*), pode-se obter uma *aproximação* das tensões e deformações, em qualquer parte do componente, para um dado conjunto de condições de contorno e de cargas aplicadas em alguns apoios da estrutura. A aproximação pode ser melhorada pelo uso de mais elementos de tamanho menor, ao custo do aumento do tempo de processamento (NORTON, 2013).

Os elementos podem ser de uma, duas ou três dimensões ou, ainda, elementos de linha, área e volume, respectivamente. Eles também podem ser de diferentes “ordens”, termo que se refere à ordem da função (normalmente um polinômio) utilizada para interpolar o deslocamento no interior do elemento (ZAHAVI, 1992).

A Figura 23 mostra alguns dos elementos mais comuns, agrupados por dimensionalidade e ordem. De um modo geral, pode-se usar o mais simples dos elementos que, ainda assim, se obterá a informação desejada, uma vez que, elementos e ordens superiores implicam em um tempo computacional muito alto.

Figura 23 - Elementos finitos comuns



Fonte: Norton (2013).

Dois tipos de refinamento são utilizados pelos programas comerciais de FEA, chamados de refino h-adaptativo e p-adaptativo, respectivamente. O refino h-adaptativo é comumente utilizado e, em geral, a ordem do elemento é limitada à segunda ordem. O refinamento da malha deve ser usado para aumentar o número e reduzir o tamanho dos elementos nas regiões próximas aos maiores gradientes de tensões. O refino p-adaptativo permite que a ordem do polinômio interpolados dos elementos possa ser aumentada até nove ou mais (ADAMS; ASKENAZI, 1998).

A diferença entre o cálculo por FEA para as várias malhas e o analítico se deve, em parte, ao fato de que a tensão analítica é calculada para a fibra mais afastada da linha neutra, mas pelo FEA as tensões são valores médios das tensões calculadas nos quatro pontos de integração para cada elemento, então, diferem dependendo do tamanho do elemento. Outras opções são usar a tensão calculada nos nós dos elementos ou nos quatro pontos de integração, obtendo quatro valores por elemento quadrangular (ZAHAVI, 1992).

### 3.9 Conceitos básicos de mecatrônica

O sistema de controle é o sistema alvo da automação e é preciso obter aquisição de sinais de entrada relativos às operações para que seu comportamento possa ser alterado. Os elementos de controle, por sua vez, possuem sinais de entrada obtidos das grandezas físicas para que o sistema de controle possa identificar quando devem ser realizadas essas interferências (WATTON, 2009).

A utilização desse controle pode ser obtida pelas grandezas pressão, temperatura entre outros, deve ser utilizada com um valor de referência e quando o sistema controlado desvia desse valor, é necessária uma atuação em ciclo fechado das três operações básicas de qualquer sistema de controle: medição, decisão, ação (PESSÔA, 2014).

O conceito de mecatrônica representa a combinação adequada de materiais (resistência dos materiais, comportamento térmico, etc), mecanismos (cinemática, dinâmica), sensores, atuadores, eletrônica e processamento digital (controle, processamento de sinais, simulação, projeto assistido por computador), possibilitando o seguinte conforme Pessôa (2014):

### **3.9.1      *Desenvolvimento do projeto***

Busca-se, para desenvolver um projeto:

- a) Simplificar do sistema mecânico;
- b) Reduzir de tempo e custo de desenvolvimento;
- c) Facilitar e introduzir modificações ou novas capacidades;
- d) Flexibilizar para receber futuras modificações ou novas funcionalidades.

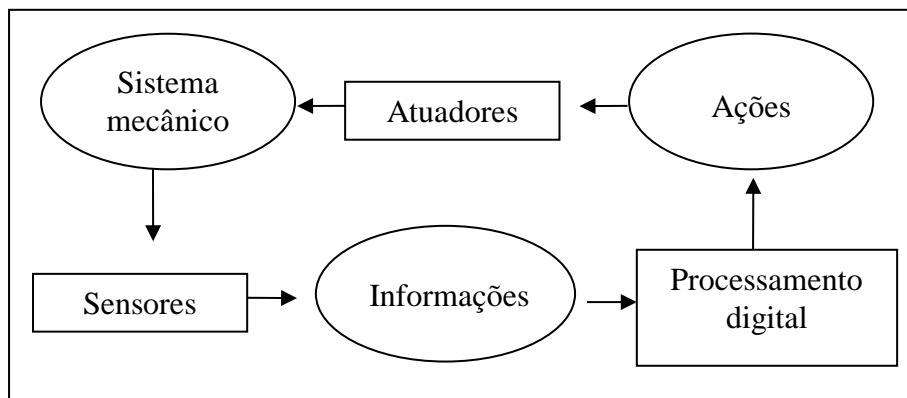
### **3.9.2      *Desenvolvimento do produto***

Busca-se, para desenvolver um produto:

- a) Flexibilizar a operação (programabilidade);
- b) A inteligência (capacidade para sensoriamento e processamento das informações, permitindo a adaptação a diferentes condições de operação);
- c) O auto-monitoramento e prevenção ativa de acidentes;
- d) O autodiagnóstico em caso de falhas;
- e) Reduzir o custo de manutenção e do consumo de energia;
- f) Elevar o grau de precisão e confiabilidade

Para os pesquisadores, a mecatrônica consiste em uma área interdisciplinar que combina a engenharia mecânica, a engenharia eletrônica e as ciências da computação. O sistema mecatrônico está ilustrado na Figura 24 (SCHWEITZER, 1996).

Figura 24 - Esquema de um sistema mecatrônico



Fonte: Pessoa (2014).

Para atender um projeto mecatrônico é necessário interligar as fases de cada etapa fechando um ciclo de gerenciamento. Para tanto devem, ser adotados critérios e os tipos de ação associadas às decisões. Nos critérios condicionais: a execução de uma ação pode estar submetida a uma condição lógica entre uma variável de entrada ou outra etapa, o que significa que, mesmo que o estado de umas etapas e já ativo pode haver ações condicionais que não sejam executadas. Nos critérios impulsionalis: a ativação da ação ocorrerá durante um tempo determinada, quando as etapas e tornam ativas. No critério continuo a ação continua a ser executada enquanto a etapa estiver ativa.

### 3.10 Software e Tecnologia

#### 3.10.1 Software

Apesar de sua idade relativamente jovem, o sub-campo da visualização software avançou rapidamente durante as últimas duas décadas, com uma proliferação de nova pesquisa que está sendo publicado particularmente durante os últimos quinze anos. Grande parte dessa pesquisa tem sido altamente inovador e muito desses softwares são produzidos para ajudar no desenvolvimento de novas tecnologias (ALSHAKHOURI, BUCHAN e MACDONELL, 2018). O *Android studio* é um desses softwares inovadores.

Com a capacidade de executar uma variedade de aplicativos, o sistema operacional Android tem muitas vantagens sobre extensibilidade, simplicidade e flexibilidade. Por isso, atrai muita atenção por parte dos usuários e fabricantes (LI et al, 2018). O *Android studio* (APP) é um dos aplicativos usuais desse sistema, ele consiste em uma plataforma desenvolvida pela Google voltada para dispositivos móveis, totalmente aberta e livre (*Open Source*) e é baseado no IntelliJ IDEA.

De acordo com Developers (2018), além do editor de código e das ferramentas de desenvolvimento avançado, o *Android studio* oferece uma grande variedade de recursos que aumentam a produtividade para os criadores no momento do desenvolvimento dos aplicativos, dentre as várias características podem ser citadas: um sistema de compilação flexível baseado no Gradle; modelos de códigos e integração com GitHub para ajudar a criar recursos comuns dos aplicativos e importar exemplos de código; um emulador rápido com inúmeros recursos; ferramentas e estruturas de teste cheias de possibilidades; um ambiente unificado para os criadores poderem desenvolver de forma a abranger todos os dispositivos Android; e ferramentas de verificação de código suspeito para detectar problemas de desempenho, usabilidade, compatibilidade com versões e outros.

### 3.10.2 *Tecnologia*

O Bluetooth é uma tecnologia de comunicação sem fio que permite que computadores, smartphones, tablets e afins troquem dados entre si e se conectem a mouses, teclados, fones de ouvido, impressoras, caixas de som e outros acessórios a partir de ondas de rádio.

Essa ideia consiste em possibilitar que dispositivos se interliguem de maneira rápida, descomplicada e sem uso de cabos, bastando que um esteja próximo do outro. A velocidade de transmissão de dados no Bluetooth é relativamente baixa: Até a versão 1.2, a taxa pode alcançar, no máximo, 1 Mb/s (megabit por segundo).

Na versão 2.0 utilizada na programação desse trabalho, esse valor passou para até 3 Mb/s. Embora essas taxas sejam baixas, são suficientes para uma conexão satisfatória entre a maioria dos dispositivos.

No que se refere ao enlace, isto é, à ligação entre o emissor e receptor, o *Bluetooth* faz uso do padrão SCO (*Synchronous Connection-Oriented*) primeiro estabelece um link sincronizado entre o dispositivo emissor e o dispositivo receptor, separando *slots* para cada um.

Assim, o SCO acaba sendo utilizado principalmente em aplicações de envio contínuo de dados. Por funcionar dessa forma, o SCO não permite a retransmissão de pacotes de dados perdidos. Para enviar comandos ao microcontrolador e apenas atuar nas funções selecionadas utilizou-se o próprio HC-05 em modo *Slave*.

O ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) MPLAB é um conjunto de ferramentas integrado gratuito para o desenvolvimento de aplicações incorporadas que utilizam microchips PIC e microcontroladores dsPIC.

O MPLAB IDE é executado como um aplicativo de 64 bits no Microsoft Windows é fácil de usar e inclui uma série de componentes de software livre para o desenvolvimento rápido de aplicativos e depuração supercarregada. Compiladores MPLAB C são otimizados para os microcontroladores da série PIC18 usado nesse trabalho e de alto desempenho.



O projeto e o desenvolvimento desse trabalho foram realizados nas instituições: Universidade Federais do Ceará (UFC) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

Esse trabalho desenvolveu um protótipo com sistema de regulagem de bitola de eixo especialmente projetado para a aplicação em uma máquina agrícola multifuncional. A patente de invenção intitulada como Sistema de ajuste de bitola para tratores agrícolas de esteiras foi depositada pela Universidade Federal do Ceará (UFC) no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) sob o número 870180031719 (ANEXO B).

A máquina constitui um sistema que permite a regulagem da distância entre os rodados do referido equipamento agrícola de forma automatizada, usando servo motor para movimentar longarinas com bloqueio no próprio redutor, determinando a distância dos trens rodantes que sustentam esteiras, sistema de controle automático com bitolas programadas ou ajustadas por funções de controle. Atendendo as necessidades do agricultor nos quesitos: tipo de solo, declividade do terreno, tipo de cultura, incidência de chuvas na época de implantação da cultura.

#### **4.1 Materiais e local do desenvolvimento do trabalho**

O desenvolvimento, ensaios de laboratórios e máquinas, ferramentas e softwares pertencem aos laboratórios:

- Laboratório (CAD-CAM – IFCE) os softwares Solid Edge versão ST10 e Computer-aided Engineering (CAE).
- Laboratório Máquinas Operatrizes (LMO-IFCE) foram utilizados ferramentas e equipamentos de corte e soldas, DISCOVERY 1000 centro de usinagem horizontal.
- Laboratório de ensaios Mecânicos (LEM - IFCE) Instrumentos de medição
- Laboratório de Maquinas Térmicas (LMT - IFCE) ferramentas em geral, equipamentos para pinturas e montagem do protótipo.
- Softwares MPLAB IDE v8.92 Ambiente de desenvolvimento integrado FREE, fabricado pela MICROCHIP. É um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) MPLAB que é um conjunto de ferramentas gratuitas para

o desenvolvimento de aplicações incorporadas que utilizam microchips PIC e micro controladores dsPIC. MPLAB IDE é executado como um aplicativo de 64 bits no Microsoft Windows.

Android Studio. Android é uma plataforma aberta voltada para dispositivos móveis desenvolvida pela Google e atualmente é mantida pela *Open Handset Alliance* (OHA). Todas as aplicações desenvolvidas para essa plataforma foram criadas com a linguagem Java, o que facilita muitos programadores com conhecimentos em Java (ou de outras linguagens próximas de Java como C++ e C#) a desenvolver aplicações para o Android.

- Plataforma com esteiras e atuador linear:  
Atuador linear com 140 mm de curso linear, elétrico 12 v DC, 150 kg de carga, velocidade de deslocamento 5.7mm/seg com mini motor tubular.  
Plataforma com esteiras (Protótipo). Tamanho do produto: cerca de 400 x 240 x 100 mm (comprimento x largura x altura). Motor da movimentação: 12 v 150rpm baixa velocidade alto torque, peso do veículo cerca de 2, 5 kg (tara). Placa de liga de 3 mm em aço inox, molas de tensão na suspensão para transpor obstáculos com maior suavidade. Máxima capacidade do equipamento 10 kg.
- Materiais eletrônicos diversos: Módulo Bluetooth RS232 HC-05, Módulo Relé 5V, 4 Canais, Sensor Alarme Kit Imã + Ampola SM-01, Placa de Circuito Impresso Padrão 10x15 cm Tipo Ilha, Circuito Integrado ULN2003 (Driver 7 Canais), Buzzer 12 mm. Com Oscilador Interno 5V, Cristal 4 MHz Meia Caneca - HC49S, Cristal 20 MHz Meia Caneca - HC49S, Capacitor Disco Cerâmico 33 pF x 50V, Capacitor Disco Cerâmico 100 nF x 50V (0,1 uF/100K/100Kpf/104), Capacitor Disco Cerâmico 15 pF x 50V, Microcontrolador PIC18F4550-I/SP, Soquete Torneado Slim 28 Pinos, Regulador De Tensão Lm7805, Soquete Torneado 16 Pinos.

## 4.2 Métodos

### 4.2.1 *Funcionamento do protótipo*

Este trabalho apresenta o uso das funções programadas pelo telefone celular (APP Android), para comunicação sem fio com Módulo Bluetooth, um Microcontrolador programado para receber sinais dos Sensores Alarme Kit Imã, funções para alterar de forma automática ou pontual a bitola, atuando nos Módulos Relé 5V de 4 canais que acionam os motores.

Com essa programação o Protótipo tem movimento de: avançar, retroceder, abrir e fechar a bitola. E ainda apresenta a configuração detalhada da rede sobre o kit de placa desenvolvido.

#### **4.2.2 Hardware do protótipo**

Microcontrolador PIC18F4550 ilustrado na Figura 25 é o componente central de toda a automação, ele é responsável pelo gerenciamento de todos os componentes eletrônicos a ele conectado.

Este é o componente responsável por receber informações através da porta serial por uma interface denominada módulo Bluetooth, ao receber a informação o microcontrolador realiza o acionamento dos relés com a configuração em ponte de forma a acionar os motores para o deslocamento do protótipo e o deslocamento do atuador. Também foi realizada a habilitação dos sensores de acordo com a cultura selecionada.

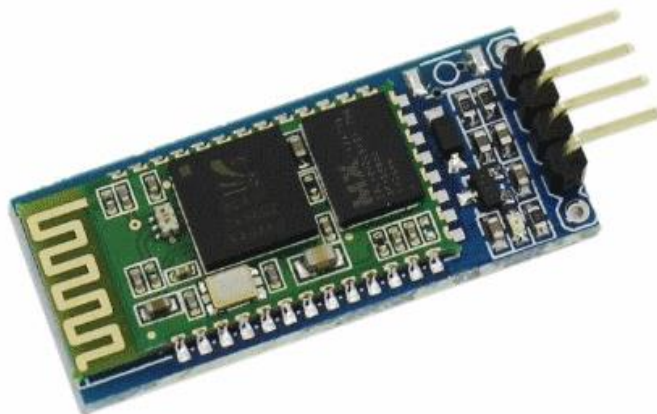
Figura 25 - Microcontrolador PIC18F4550



Fonte: Catalogo Soldafria

O Módulo Bluetooth ilustrado na Figura 26 é o dispositivo que realiza a interface entre o dispositivo móvel e o Microcontrolador através de uma conversão entre a comunicação wireless e Bluetooth e a porta serial do Microcontrolador (TX/RX).

Figura 26 - Módulo Bluetooth RS232 HC-05



Fonte: Catalogo Soldafria

O Módulo de Relés é usado para deslocamento do protótipo e do atuador (Frente e Ré, abrir e fechar). Este módulo constituído por quatro relés de contato seco, no qual será configurado como uma ponte H, de forma a proporcionar o deslocamento do protótipo para frente e para trás, o deslocamento do atuador para abrir e fechar, realizando a parada no momento que atingir a bitola da cultura selecionada ou quando determinado pelo operador. Modulo ilustrado na Figura 27.

Figura 27 - Módulo Relé 5V 4 Canais



Fonte: Catalogo Soldafria

O Sensor Magnético (Ampola Reed com Imã). Este componente irá informar ao Microcontrolador a posição do atuador para que o sistema realize o processamento e proporcione a parada ou não do atuador em função da cultura selecionada (Figura 28).

Figura 28 - Sensor Alarme Kit Imã + Ampola SM-01



Fonte: Catalogo Soldafria

O Atuador linear é o atuador de movimento linear com uma haste de deslocamento, instalado no chassi na posição transversal para que possa atuar na mudança da bitola com as especificações 140mm de 12 V DC 150 KG de carga 5.7mm/s (Figura 29).

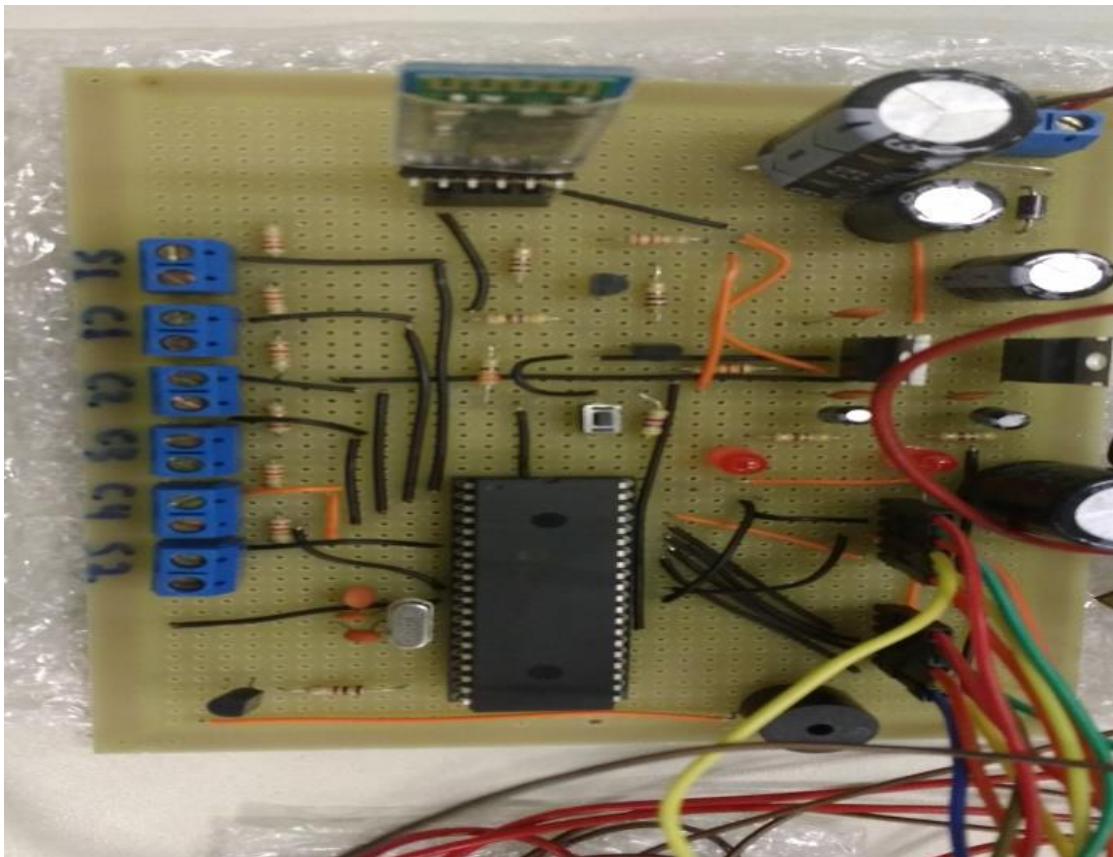
Figura 29 - Atuador linear



Fonte: Internet.

Para montagem do kit de gerenciamento do protótipo, foram utilizados componentes de acordo com os circuitos: fonte, microcontrolador e reles contemplados no Apêndice A, contendo Placa de Circuito Impresso Padrão 10x15 cm Tipo Ilha, Circuito Integrado ULN2003 (Driver 7 Canais), Cristal 4 e 20 MHz Meia Caneca - HC49S, Capacitor Disco Cerâmico 15pF, 33pF e 100nF x 50V, Lm7805 Regulador De Tensão +5v - To-220 – 7805 (Figura 30).

Figura 30 - Placa de circuito do protótipo



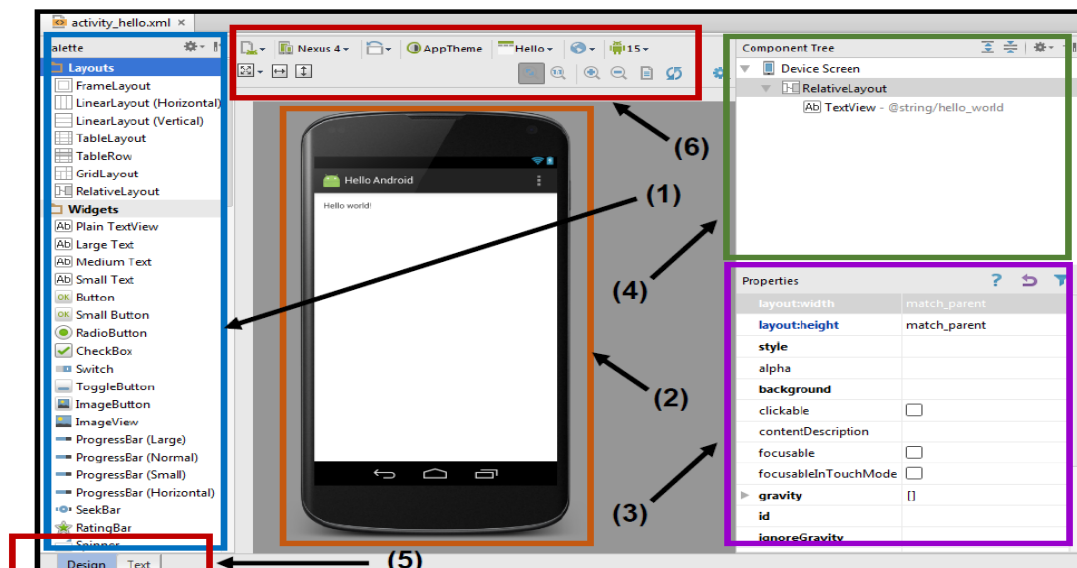
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

#### 4.2.3 *Software do protótipo*

Depois de entender e conhecer a estrutura de diretórios de um projeto Android no Android Studio, foram utilizadas as ferramentas de desenvolvimento (IDE) da plataforma Android.

Na indicação (1) figura 31, usou-se a paleta de componentes onde os mesmos estão separados por seções. As seções são: *Widgets*, *Text Fields*, *Layouts*, *Containers*, *Date e Time*, *Expert e Custom* (Componentes personalizados, normalmente criados pelo usuário e entre outros recursos).

Figura 31 - Visão geral da ferramenta de desenvolvimento



Fonte: Apostila android (2015).

Na indicação (2), aplicam-se um *preview* de como ficará a interface da aplicação quando a mesma for executada, nessa interface podemos arrastar e soltar os componentes (indicados por (1)), construindo assim a aplicação.

Na indicação (3), habilitam-se as propriedades do componente (*Properties*). Quando selecionamos um componente, as suas propriedades são visualizadas e assim, conforme as necessidades podem-se alterá-las.

Na indicação (4) usamos uma seção chamada “*Component Tree*”. Pode-se ver, de forma hierárquica, todos os componentes que estão presentes na tela da nossa aplicação.

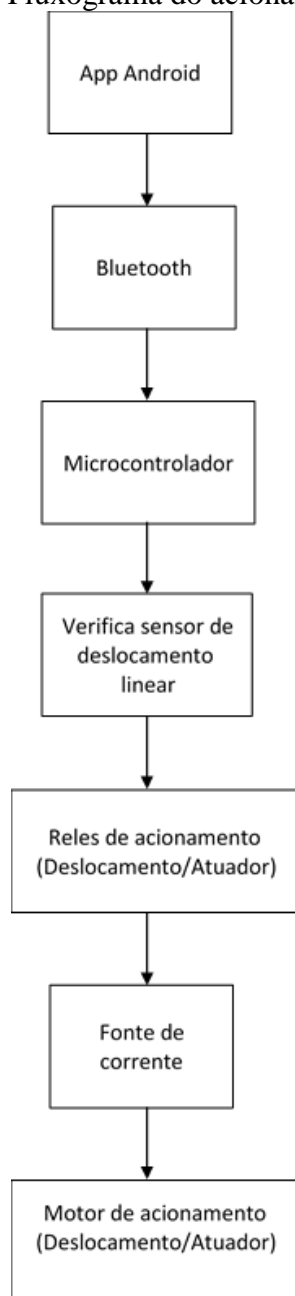
Na indicação (5) o modo gráfico (“*Design*”, onde está visualizado a tela da aplicação) e o modo XML (“*Text*”, onde visualiza-se os itens (1) (2) (3) (4) (5) (6)66 códigos XML do arquivo, que corresponde a estrutura que forma a tela do aplicativo).

Na indicação (6) mudou-se os temas que podem ser utilizados na referida aplicação Android orientação da tela do dispositivo (retrato ou paisagem), resolução da tela do dispositivo e etc. A maioria das opções disponíveis nessa seção só terá efeito em tempo de projeto. É necessário configurar as mesmas opções para que elas aconteçam em tempo de execução (quando você executa o emulador ou dispositivo real), de acordo com a necessidade como ilustra a Figura 31 com as ferramentas.

#### 4.2.4 Fluxo de acionamento para mudança de bitola

Para o acionamento do sistema segue-se algumas etapas (Figura 32). Aciona-se o app pelo celular, dá-se o comando que é repassado para o microcontrolador por bluetooth, há a verificação do sensor de deslocamento linear, posteriormente ocorre o deslocamento do reles de acionamento através do sistema motor de acionamento e corrente.

Figura 32 - Fluxograma do acionamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

#### 4.2.5 *Análise do sistema de ajuste da bitola*



Na modelagem 3D utilizou-se o perfil cilíndrico das hastes telescópicas que são responsáveis pela movimentação do trem rodante mudando a bitola. Após a simulação inicial com auxílio do Software Solid Edge ST10 foram avaliados o perfil e o material para confecção do chassi, e foram determinadas as cargas suportadas durante as operações da máquina ajudando no dimensionamento.

Na construção do protótipo, foi definido o Software, Solid Edge ST10, e a programação, CAD-CAM NX5, no processo de usinagem das peças. Os referidos softwares permitiram modelar e editar curvas, superfícies e sólidos não regulares com precisão no modelo 2D e 3D da máquina, também possibilitaram a escolha da melhor operação e ferramenta que foram utilizadas para gerar o modelo real da peça.

O software NX5 reduz o tempo de usinagem simulando a sequência e as ferramentas de corte em função do material, da velocidade de corte e das estratégias utilizadas. Devido à complexidade da usinagem e os diversos recursos de programação, as partes do protótipo foram construídas no centro de usinagem ilustradas na Figura 33.

Figura 33 - DISCOVERY 1000 centro de usinagem



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

#### 4.2.6 *Sistema de ajuste de bitola*

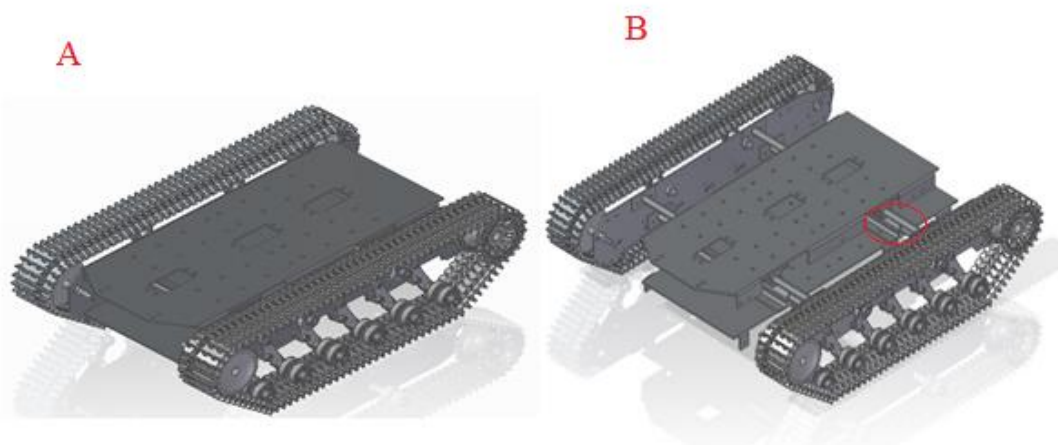
Trata-se de um trator de esteiras montado em duas plataformas planas uma superior e a outra inferior fechando o monobloco com o vão livre entre a parte superior e inferior. Nas estruturas laterais encontram-se os sistemas de tração e os motores elétricos virados para dentro do chassi e ligado a roda motriz traseira uma em cada esteira.

A esteira funciona em torno de duas rodas metálicas, uma motriz (dentada), que engrena nas articulações da cadeia para fazer deslocar o trator, e outra tensora (lisa), cuja função é conduzir a esteira com o auxílio de dois roletes guias na parte superior da esteira. Na parte inferior a esteira possui seis roletes guias montados com articulações e molas para manter a cadeia esticada e alinhada.

A roda motriz designa-se também por roda “*sprocket*” e a tensora por roda guia; os roletes inferiores suportam a massa do trator e os superiores a parte superior da massa da esteira para aliviar a roda motora. No mercado somente é ofertado o ajuste de bitola para tratores com eixos e rodados de pneus, os chassis também ofertados só atendem ao quesito para tratores de pneus.

A inovação está na separação das placas laterais que possuem seus sistemas de propulsão e suspensão independentes das plataformas planas, superior e inferior. Com essa montagem no monobloco foi possível separar as laterais do chassi criando elos de fixação das quatro longarinas transversais, sendo duas fixas por baixo da plataforma superior e duas fixas por cima da plataforma inferior, o que garante o posicionamento da parte superior e inferior do chassi (Figura 34 A).

Figura 34 – Chassi com longarinas: A- recolhidas; B -75% estendida



Fonte: elaborado pelo autor.

Na construção das longarinas foram atendidos os critérios exigidos no projeto. As longarinas possuem cilindros simétricos (Hastes), no somatório das duas dá para se atingir o comprimento da secção transversal da plataforma superior ou inferior, no corpo das longarinas (parte interna) está localizada a região de inserção das hastes. Por fim, o projeto do corpo encontrou-se finalizado quando foi usinada uma chapa plana na

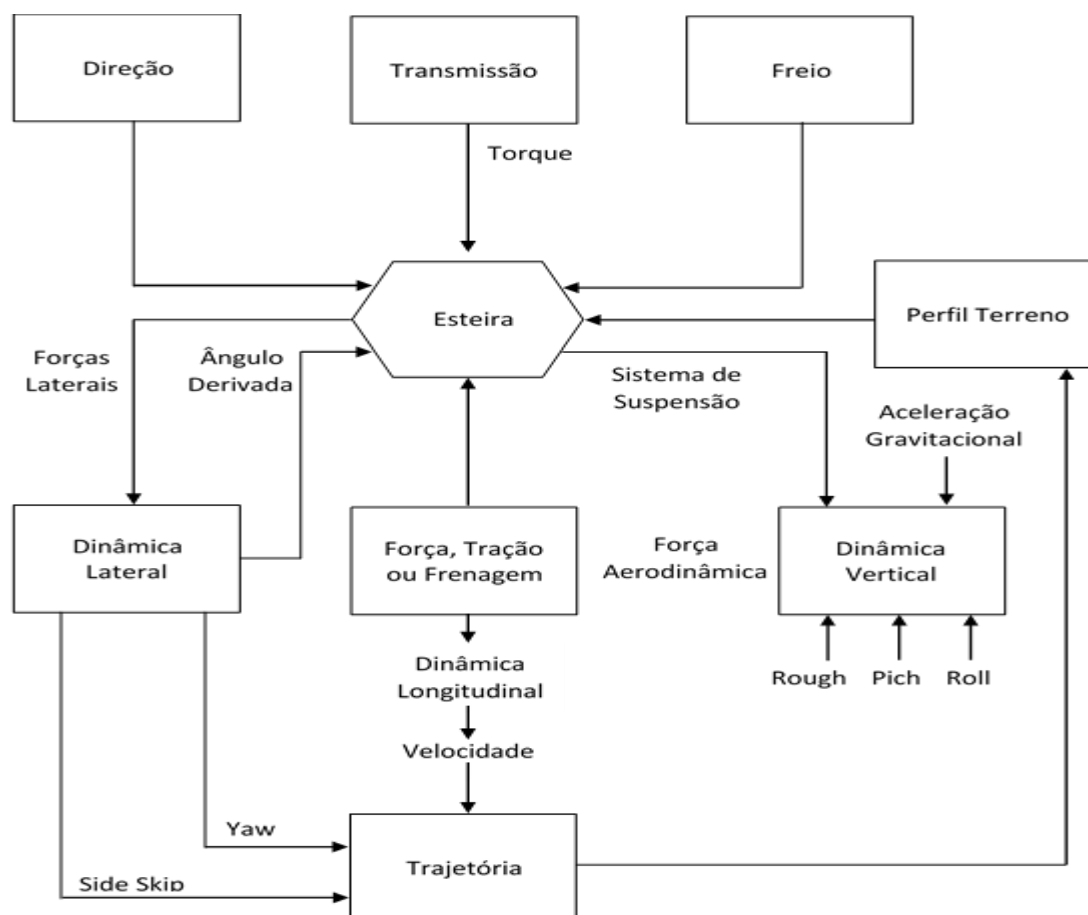
sua extremidade externa tangencial ao seu comprimento funcionando como um elo de fixação entre o corpo da longarina e a chapa superior e respectivamente na inferior.

Na placa lateral existe a união com a haste, criando respectivamente quatro pontos de fixação das hastes-lateral para cada placa lateral, posicionada equidistante ao centro de massa do conjunto chassi. Dentro de cada longarina são introduzidas duas hastes cilíndricas de mesmo tamanho e opostas sustentando as laterais com movimento axial haste-longarina, movimentando como atuadores hidráulicos com 25%, 50% e 75% ou qualquer fração do comprimento (Figura 36 B).

Assim é possível obter o deslocamento das laterais permitindo a mudança do vão horizontal do chassi. Para isto, foram introduzidos ao chassi sistemas com quatro longarinas e oito cilindros que trabalham como vigas em balanço promovendo o deslocamento mínimo zero e máximo de 75% do comprimento da haste.

Para acionamento das placas laterais um motor elétrico fixado no centro de massa do chassi movimenta um fuso pelo ponto central com roscas em ambos os lados e de mesmo tamanho e passo, um lado à esquerda e o outro a direita. Nas placas estão fixas as porcas correspondentes aos fusos executando a função parafuso-rosca com a redução e extensão do curso através do movimento das laterais.

Para atender a todas as variáveis de projeto nesse trabalho, foi utilizada uma sequência de orientações que envolvem cálculos a cada tomada de decisão consequentemente gerando um roteiro com fluxo de informações, critérios de impedimentos que envolvem a geometria, materiais, cargas e movimentos (Figura 35).



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Inicialmente levou-se em consideração a direção, transmissão e freios no desenvolvimento da esteira, posteriormente analisaram-se as dinâmicas laterais e verticais da esteira e a influência sobre a trajetória. Na etapa da trajetória foi ensaiado em diferentes terrenos e as forças foram ajustadas conforme a necessidade da esteira. Ou seja, a cada perfil de terreno avaliou-se as forças influenciando na trajetória e foram atualizados os cálculos sendo incorporados na direção, freios e transmissão.

#### 4.2.7 *Materiais e Construção*

Como resultado foi gerado o modelo em 3D. Na tabela 2 o estudo aplicado nos componentes da estrutura, analisados separadamente e em seguida montados representando todos os itens de importância estrutural ao equipamento como: placa superior, placa inferior, laterais e o sistema de ajuste da bitola, o intuito de produzir um modelo mais enxuto foi para que facilitasse o processamento pelo Método dos Elementos Finitos (MEF).

Tabela 2 - Propriedades do Estudo

<b>Propriedade do Estudo</b>	<b>Valor</b>
Nome do estudo	Estudo Estático 3
Tipo de Estudo	Estático Linear
Tipo de Malha	Tetraedro
Solucionador Interativo	Em
Verificação da Geometria do NX Nastran	Apenas Aviso
Linha de comando do NX Nastran	
Opções de estudo do NX Nastran	
Opções geradas do NX Nastran	
Opções padrão do NX Nastran	
Opção única de resultados de superfície	Desativado

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Uma vez que se teve o modelo da estrutura dentro do ambiente de simulação, foi preciso definir os tipos de conexões entre os subcomponentes do conjunto. Grande parte dos contatos entre estes itens foram automaticamente identificados e definidos pelo programa tabela 3, entretanto foram conferidas todas as conexões do modelo com o intuito de assegurar que o modelo representasse as condições reais.

Tabela 3 - Geometria do Estudo dos sólidos

<b>Nome do Sólido</b>	<b>Material</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Volume (mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso (mN)</b>
Haste.par:1	Aço (Ocorrência)	0,035	4491,192	344,759
Placa Lateral.par:1	Aço (Ocorrência)	0,286	36483,715	2800,614
Corpo.par:1	Aço (Ocorrência)	0,241	30793,365	2363,803
Placa inferior fs.psm:1	Aço (Ocorrência)	0,684	87372,358	6706,999
Corpo.par:1	Aço (Ocorrência)	0,241	30793,365	2363,803
Haste.par:1	Aço (Ocorrência)	0,035	4491,192	344,759
Haste.par:2	Aço (Ocorrência)	0,035	4491,192	344,759
Haste.par:1	Aço (Ocorrência)	0,035	4491,192	344,759

Tabela 3 conclusão - Geometria do Estudo dos sólidos

Nome do sólido	Material	Massa (kg)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Peso (mN)
Haste. par:2	Aço (Ocorrência)	0,035	4491,192	344,759
Placa Superior fs.psm:1	Aço (Ocorrência)	0,672	85770,231	6584,015
Placa Lateral.par:2	Aço (Ocorrência)	0,286	36483,715	2800,614
Haste.par:2	Aço (Ocorrência)	0,035	4491,192	344,759
Corpo.par:1	Aço (Ocorrência)	0,241	30793,365	2363,803
Haste.par:1	Aço (Ocorrência)	0,035	4491,192	344,759
Haste.par:2	Aço (Ocorrência)	0,035	4491,192	344,759
Corpo.par:1	Aço (Ocorrência)	0,241	30793,365	2363,803

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O material especificado para a fabricação da base foi um aço estrutural amplamente utilizado pelas indústrias fornecido nas mais diversas formas, inclusive chapas, placas e tubos para aplicações em estruturas. O material possui as seguintes propriedades mecânicas que podem ser observadas na tabela 3.

Tabela 4 - Propriedades do Material Aço 1030

Propriedade	Valor
Densidade	7833,000 kg m-3
Coef. da Exp. Térmica	0,0000 C-1
Condutividade Térmica	0,032 kW m-1C-1
Calor Específico	481,000 J kg-1C-1
Módulo de Elasticidade	199947,953 Mpa
Coefficiente de Poisson	0,290
Tensão de Deformação	262,001 Mpa
Tensão Máxima	358,527 Mpa
Alongamento %	0,000

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Como a aplicação manual de todas as conexões pelo usuário pode consumir muito tempo, o software possui a opção de identificar a necessidade de conectar e aplicá-la automaticamente. Entretanto, pode ocorrer erros, que nada mais é do que aplicação de mais conexões do que é realmente necessário, forçando a uma intervenção do usuário

para correção representado na tabela 3 aplicado na tabela 5 e a fixação das esteiras ao solo, tabela 6.

Tabela 5 – Conectores

<b>Nome do Conector</b>	<b>Tipo do Conector</b>	<b>Distância de Pesquisa</b>	<b>Distância Mínima de Pesquisa</b>	<b>Coefficiente de Fricção Estática</b>	<b>Valor da Penalidade</b>
Conector 1	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 2	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 3	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 4	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 5	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 6	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 7	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 8	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 9	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 10	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 11	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 12	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 13	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 14	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 15	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 16	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 17	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 18	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 19	Cola	0,23 mm			100,00
Conector 20	Cola	0,23 mm			100,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 6- Restrições

<b>Nome da Restrição</b>	<b>Tipo de Restrição</b>	<b>Graus de Liberdade</b>
Fixado 1	Fixado	FREE DOF: Nenhum
Fixado 2	Fixado	FREE DOF: Nenhum

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A malha do modelo de elementos finitos foi gerada no ambiente do software, o qual permitiu que os elementos fossem escolhidos automaticamente pelo Solid Edge ou que fossem definidos pelo usuário. Utilizou-se uma malha com método automático, em que a forma dos elementos da malha se adapta de maneira a seguir a geometria do corpo. Foram aplicados elementos tetraédricos em todas as partes, auto adaptando a geometria, tabela 7.

Tabela 7 - Informações da Malha

<b>Tipo de Malha</b>	<b>Tetraedro</b>
Número total de corpos com malha	16
Número total de elementos	264.652
Número total de nós	496.675
Tamanho de malha subjetiva (1-10)	3

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O tipo de análise adotado para a simulação no Solid Edge foi a estrutural estática na qual se definiu a fixação da estrutura nas placas laterais, pois nesta região é montado o sistema de tração que fixa ao solo. A fixação adotada foi do tipo *fixed* com todas as restrições de liberdade, percorrendo toda a extremidade da peça, o que garante a condição de engastamento, ou seja, sem nenhum grau de liberdade. Tal condição é satisfatória, pois o objetivo da análise é verificar a resistência da estrutura e não do sistema de travamento.

O modelo de elementos finitos foi submetido aos carregamentos, aplicados diretamente na placa superior da estrutura. A força vertical foi aplicada sobre a área onde é destinada a montagem de equipamentos ou transporte de cargas, uma vez assentado, mantém contato com a estrutura e onde realmente a carga atuaria durante as operações. Estas forças são de magnitude igual a 68,6455 N na direção vertical e sentido negativo do eixo y. O valor desta carga foi obtido com base em dados fornecidos pelo material e tamanho aplicado a esse protótipo (Tabela 8).

Tabela 8 – Cargas aplicadas

<b>Nome da Carga</b>	<b>Tipo de Carga</b>	<b>Valor da Carga</b>	<b>Distribuição de Carga</b>	<b>Direção da Carga</b>	<b>Opção de Direção de Carga</b>
Força 1	Força	6,86e+04 mN	Por entidade	( 0,00, 0,00, - 1,00 )	Ao longo de um vetor

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Foi realizada a análise do Método dos Elementos Finitos (MEF) da estrutura superior, inferior, laterais e longarinas completas, que foi submetida aos carregamentos verticais segundo as condições de contorno descritas anteriormente. Após esta análise, foram coletados os valores máximos de tensão equivalente de von-Misses e do deslocamento para cada modelo analisado por Elementos Finitos (EF), cuja a malha foi descrita previamente no item anterior.



Os modelos foram processados no ambiente *Simulation do Solid edge*, onde se realizou análises do tipo estrutural estática. Conforme foram sendo obtidos os resultados de tensão equivalente máxima de von-Misses (Tabela 9) e da localização desta concentração de tensões.

Este processo foi repetido para todas as bitolas até que a convergência dos resultados fosse alcançada tanto para as tensões quanto para os deslocamentos. Também foram calculadas a tensão admissível de von-Misses e a deflexão admissível nos pontos críticos para todas as bitolas. Por fim, as análises foram feitas tendo-se como base o modelo da carga nominal, aplicada na vertical e seu respectivo valor admissível determinou, assim, que as respectivas estruturas são capazes de suportar em regime estático.

Tabela 9 - Resultados da Tensão de Von Misses

<b>Extensão</b>	<b>Valor (MPa)</b>	<b>X (mm)</b>	<b>Y (mm)</b>	<b>Z (mm)</b>
Mínimo	0	-175,15	-127,458	34,134
Máximo	42,2	-78,295	-68,968	51,534

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 10 – Componente do resultado: conversão total

<b>Extensão</b>	<b>Valor (mm)</b>	<b>X (mm)</b>	<b>Y (mm)</b>	<b>Z (mm)</b>
Mínimo	0	-76,095	129,242	-16,599
Máximo	0,0436	-140,005	-0,830	53,334

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

## 5 RESULTADOS

Os resultados foram divididos em subitens referentes ao aplicativo, constituintes confeccionados, análise das vigas com deslocamento 75% e esforços na máquina.

### 5.1 Aplicativo

O aplicativo foi desenvolvido com sucesso no sistema android (Figura 36) permitindo o controle de abertura e fechamento da bitola por qualquer aparelho móvel que tenha em sua memória o aplicativo instalado. A criação de tal aplicativo é um benefício para o meio rural e chega para acrescentar a tecnologia de forma fácil e rápida, tendo em vista que Sopegno et al. (2016) relatam, apesar da importância da difusão da tecnologia móvel no meio rural, que essa disseminação ocorre de forma lenta, mesmo possuindo um enorme potencial de expansão.

Figura 36 - APP tela abertura em um celular android



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Na Figura 37 é apresentada a tela de funções no aplicativo. A primeira escolha consiste na cultura em que o equipamento vai trabalhar, após a escolha usa-se a opção ENVIAR para o sistema embarcado receber a informação referente a cultura selecionada, permitindo o ajuste para mais de uma cultura. O sistema ao receber essa informação inicia

o deslocamento do protótipo e do atuador até acionar o sensor da cultura selecionada. Ainda na primeira opção há a opção de controle do equipamento através das opções FRENTE e RÉ, onde através deles a máquina irá se deslocar para frente ou de ré respectivamente.

Figura 37 - APP tela de funções em um celular android



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

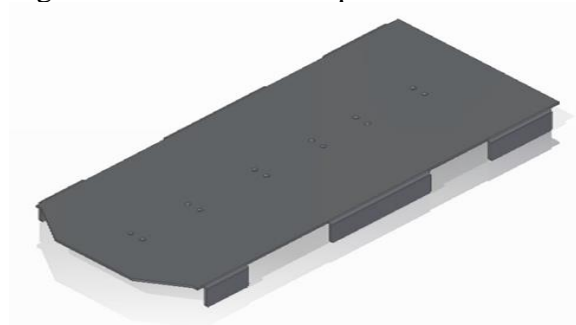
Na segunda opção trata-se do ajuste do atuador onde a Tecla +++ representa o ajuste do atuador para deslocamento a esquerda de forma a se posicionar entre os valores default de cultura, a Tecla --- equivale ao ajuste do atuador para deslocamento a direita de forma a se posicionar entre os valores default de cultura e a Tecla PARAR provoca a parada de deslocamento do atuador. Essas funções se mostraram satisfatórias e confiáveis no controle da máquina e na abertura e fechamento das longarinas. Daum et al. (2018), trabalhando com um sistema de coleta de dados na agricultura familiar, afirmam que app em smarthphone, se adequadamente concebidos, tornam-se ferramentas confiáveis, acessíveis e participativas.

## 5.2 Constituintes confeccionados

### 5.2.1 *Plataforma superior*

A chapa superior (Apêndice D) é de geometria plana com uma área limpa projetada para receber sistemas diversos para realizar integralmente ou coadjuvar na execução da operação agrícola, propondo com o mesmo trator uma vasta gama de aplicações, com economia de tempo e reduzindo equipamentos (Figura 38).

Figura 38 - Plataforma superior

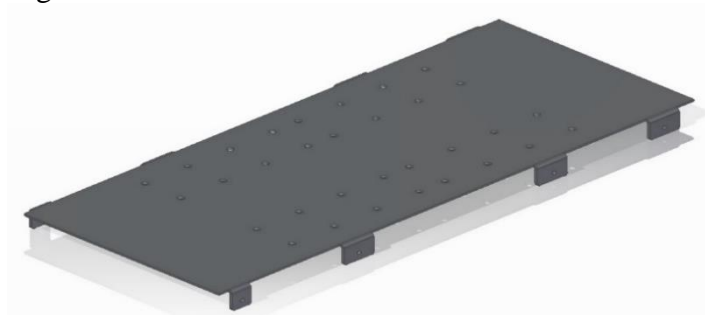


Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

### 5.2. *Plataforma inferior*

A chapa inferior (Apêndice E) é um elemento estrutural que atende as ligações conforme desejado, são projetadas conforme as hipóteses realizadas sobre as barras na análise estrutural. Nos locais onde foram previstas ligações rígidas é previsto detalhes que efetivamente impeçam a rotação relativa das partes. Nos locais onde a ligação deve permitir a rotação relativa e deslocamento linear das partes, os detalhes deverão ser tais que propiciem essa rotação e deslocamento com o número de restrição.

Figura 39 - Plataforma inferior

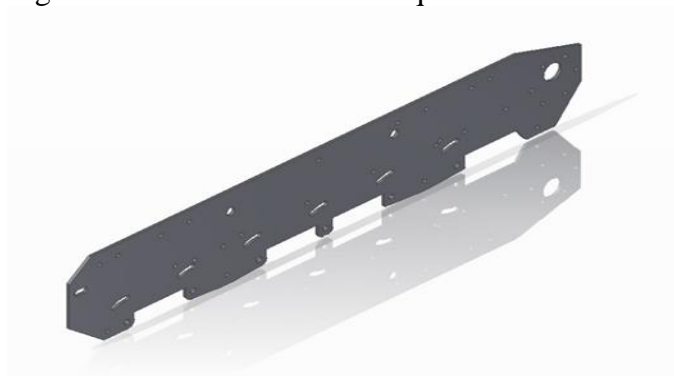


Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

### 5.2.3 *Lateral esquerda e direita*

As laterais (Apêndice F) funcionam como espelhos e responde por dupla funcionalidade, uma é o elemento estrutural que fecha o monobloco do chassi em quatro partes, sujeita ao mesmo critério da chapa inferior. A outra consiste de um elemento de sustentação do sistema de tração da máquina na qual estão fixos todos os elementos das esteiras com seus respectivos motores elétricos.

Figura 40 - Laterais direita e esquerda



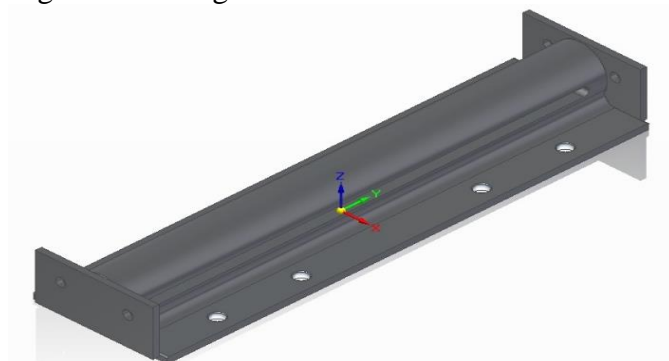
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

### 5.2.4 *Longarinas e hastes*

O elo fixo respectivamente em dois pontos da plataforma superior e dois na inferior (Apêndice G). As laterais com as esteiras por sua vez fixas por quatro cilindros em cada lateral. Desta maneira são definidas duas categorias de conexões:

- a) Engastadas ou rígidas: são ligações onde é garantida a continuidade da estrutura e as rotações relativas entre as partes são restringidas ao máximo, ou seja, a ligação é tal que após o carregamento, o giro relativo não supera 10% do correspondente à condição de rótula perfeita;
- b) Articuladas ou flexíveis: são ligações onde às restrições à rotação relativa entre os elementos deve ser a mínima possível, ou seja, essa rotação relativa deve atingir após o carregamento 80% ou mais da correspondente à condição de rótula perfeita.

Figura 41 - Longarina e haste cilíndrica



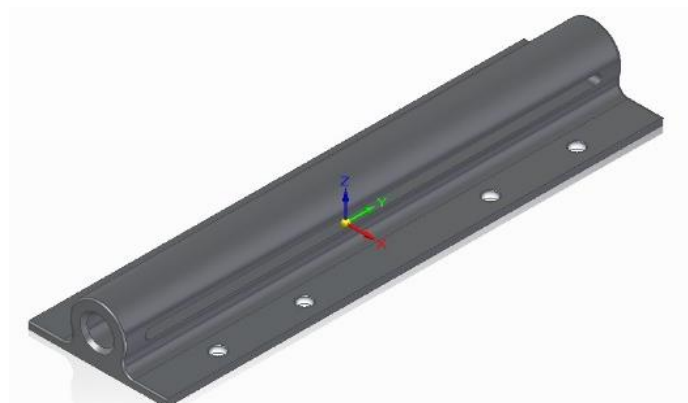
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Figura 42 - Haste cilíndrica



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Figura 43 - Longarina



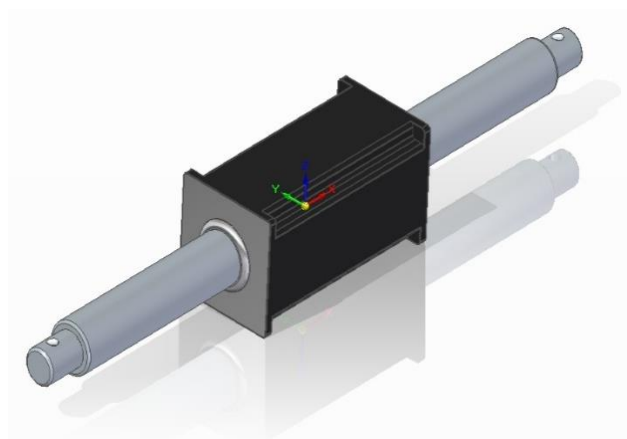
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

### 5.2.5 *Servo motor com fuso central e roscas invertidas*

Na Figura 44 observa-se o servo motor com fuso central e roscas invertidas. Elementos para contração e distensão das placas laterais através do movimento de rotação

do fuso central alimentando em um motor DC de alto torque e baixa velocidade angular gerando potência para movimentar o eixo. Fixo nas laterais estão às porcas respectivamente roscas à direita e esquerdo alinhado e passando pelo chassi transversalmente no ponto do centro de massa do conjunto. Com o motor girando no sentido horário e anti-horário ocorre o movimento do fuso e deslocamento das laterais com relação ao chassi. O perfil da rosca (secção do filete) empregado no fuso segue às utilizadas nos projetos em órgãos de comando das máquinas operatrizes (para transmissão de movimento suave e uniforme), fusos e prensas de estampar (balancins mecânicos).

Figura 44 - Servo motor com porcas nos fusos



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O chassi é uma estrutura dimensionada para suportar os sistemas embarcados tais como: motor, transmissão, freios, acessório, também define o tipo de máquina ou veículo quanto a sua construção, podendo ser monobloco, utilizando um único casco, ou separado a estrutura com longarinas e travessas em que a carroceria é montada sobre as mesmas.

### **5.3 Análise das vigas e carregamentos com deslocamento 75%**

Para análise e dimensionamento do corpo e das hastes, foi adotada a condição mais crítica como critério de falha, para dar confiabilidade a resistência da estrutura, assim utilizou-se 75%, deslocamento máximo, posteriormente foi realizada a simulação pelo Solid Edge.

Por falta de dados mais precisos de ensaio de campo com o modelo do chassi foi realizado a avaliação da estrutura, dos esforços e carregamentos nas condições

estáticas e com o apoio nas vigas em condições mais críticas, deslocamento a 75% (APÊNDICE D).

### 5.3.1 *Cálculo das Reações com vigas a 75% do seu comprimento*

Para encontrar as reações nos apoios, foi necessário verificar o equilíbrio das forças na vertical garantindo que a viga não se move para cima e nem para baixo, já o equilíbrio de momentos garante que a viga não vai girar. Por se tratar de uma viga biapoiada com um apoio fixo e o outro montado em rotula condição de contorno, a deformação torcional e axial serão desprezadas e a análise será somente estática para tensão normal, momento fletor e deformação.

A viga adotada para análise tem suas cotas descritas na folha de engenharia 4 (APÊNDICE G), viga com 75% de deslocamento do seu comprimento. Submetido a uma carga nominal de projeto do protótipo nas quatro hastes fixadas nas laterais do trem rodante e montadas nas longarinas, fixada por baixo da plataforma superior. Carga nominal  $P = 68,6455 \text{ N}$  de projeto foi aplicada sobre a placa superior que está sobre a parte da haste que fica dentro do corpo, para garantir mais segurança não será dividida pelas quatro longarinas da placa superior (Fator de segurança no Tabela 1).

O diagrama de corpo livre da viga foi a representação das cargas, tensões, torções e flexões, portanto, fazendo o equilíbrio de forças na vertical.

Para cálculo da carga aplicada foi necessário se obter a área abaixo da carga distribuída, portanto (Equação 1):

$$w_1 = w (x_f - x_i) = 68,6455[(0,1969) - (0,0539)] = 9,8563 \text{ N/m} \quad (1)$$

Em que:

$x_i$  (força) e  $x_f$  (força) representam a posição inicial e final de aplicação da carga, respectivamente, e  $w_i$  e  $w_f$ , os valores, em N/m, inicial e final da carga distribuída. Portanto, substituindo os valores numéricos.

$$R_1 + R_2 = 9,8163 \text{ N}$$

Fazendo o equilíbrio dos momentos no primeiro apoio (Equação 2).

$$\sum M = 0 = R_2(x_{apoi2} - x_{apoi1}) - W_1(\bar{x}_{força1} - x_{apoi1}) = 0 \quad (2)$$



Em que:

$\bar{x}$  representa a posição de aplicação equivalente da carga distribuída, que é o centroide da geometria.

$$\text{Carga } w, \text{ retangular (Equação 3): } \bar{x} = \frac{x_i + x_f}{2} = \frac{0,05385 + 0,19685}{2} = 0,12535 \text{ m} \quad (3)$$

Substituindo os valores numéricos no momento do primeiro apoio (Equação 2).

$$R_2((0,2507) - 0) - (9,8163)(0,12535 - 0) = 0$$

$$0,2507R_2 = 1,2305 \text{ N}$$

Analisando os resultados da Equação 1 e Equação 2 chega-se:

$$R_1 + R_2 = 9,8163 \text{ N}$$

$$0,2507R_2 = 1,2305 \text{ N}$$

Encontra-se.

$$R_1 = 4,9082 \text{ N}$$

$$R_2 = 4,9082 \text{ N}$$

### 5.3.2 *Cálculo do Esforço Cortante*

Para encontrar a equação do esforço cortante utilizou-se a Equação 4. É necessário fazer o balanço de forças verticais em cada seção (que vão de 0 até x metros).

$$\sum F(y) + V(x) = 0 \quad (4)$$

Em que  $V(x)$  é o valor do esforço cortante na posição ( $x$ ).

O cálculo (Equação 5) foi dividido em três seções, sendo a primeira referente ao intervalo entre  $0 \leq x \leq 0,0539$ , a segunda no intervalo  $0,0539 \leq x \leq 0,1969$  e por fim a terceira no intervalo  $0,1974 \leq x \leq 0,2513$ .

$$W_{1x} - R_1 + V(x) = 0 \quad (5)$$

Onde:

$W_{1x}$  = representa a carga distribuída aplicada apenas até a posição  $x$ , e não a carga completa, até  $x_f$ .

#### **Seção 1** ( $0 \leq x \leq 0,0539$ )

Carga 1 - retangular  $\rightarrow W_{1x} = W(x - x_i) = 68,6455x - 3,6966$ .

Substituindo os valores  $\rightarrow V(x) = -68,6455x + 8,6047$ .

### Seção 2 ( $0,0539 \leq x \leq 0,1969$ )

Resolvendo o balanço de forças na seção.

$$W_{1x} - R_1 + V(x) = 0$$

Onde:

$W_{1x}$  representa a carga distribuída aplicada apenas até a posição  $x$ , e não a carga completa, até  $x_f$ .

Carga 1 - retangular  $\rightarrow W_{1x} = W(x - x_i) = 68,6455x - 3,6966$

Substituindo os valores  $\rightarrow V(x) = -4,9082$

### Seção 3 ( $0,1974 \leq x \leq 0,2513$ )

$$W_{1x} - R_1 + V(x) = 0$$

Substituindo os valores  $\rightarrow V(x) = -4,9082$

#### 5.3.3 Cálculo do Momento Fletor

Para encontrar a equação do momento fletor, é necessário fazer o balanço do momento em cada seção (que vão de 0 até  $x$  metros) seguindo a Equação 6.

$$\sum F_y (x - x_{carga}) + \sum M + M(x) = 0 \quad (6)$$

Onde:

$M(x)$  é o valor do momento fletor na posição  $x$ .

### Seção 1 ( $0 \leq x \leq 0,0539$ )

Resolvendo o balanço de momentos na seção.

$$W_{1x}(x - \bar{x}_{força1}) - R_1(x - x_{apoio1}) + M(x) = 0$$

$W_{1x}(x - \bar{x}_{força1})$  representa o momento equivalente à carga distribuída aplicada apenas até a posição  $x$ , e não a carga completa, até  $x_f$ .

Carga 1 - retangular  $\rightarrow W_{1x}(x - \bar{x}_{força1}) = \frac{W}{2}(x - x_i)^2$

Substituindo os valores  $\rightarrow M(x) = -34,3227x^2 + 8,6047x - 0,0995$

**Seção 2** ( $0,0539 \leq x \leq 0,1969$ )

Resolvendo o balanço de momentos na seção.

$$W_1(x - \bar{x}_{força1}) - R_1(x - x_{apoio 1}) + M(x) = 0$$

Onde:

Carga 1, retangular.

$$W_1(x - \bar{x}_{força1})$$

$$\text{Substituindo} \rightarrow M(x) = -4,9082x - 1,2305$$

**Seção 3** ( $0,1969 \leq x \leq 0,2507$ )

$$W_1(x - \bar{x}_{força1}) + R_1(x - x_{apoio 1}) + M(x) = 0$$

$$\text{Substituindo} \rightarrow M(x) = -4,9082x + 1,2305$$

A haste trabalha com uma pequena folga entre ela e o corpo de alojamento (Apêndice E). Isso cria um braço de momento, tornando o par de forças F em um binário e assim flexionando a peça, em vez de apenas cisalhar, ainda haverá tensões de cisalhamento significativas envolvidas além das tensões de flexão. Aplicando as equações de cisalhamento pela máxima tensão normal de flexão do cilindro e momento fletor, na posição  $(x) = 0,12535 \text{ m}$  considerando tensão normal de flexão na viga com momento máximo de  $M_{\max} = 0,4398 \text{ Nm}$ .

Para o dimensionamento das peças submetidas a esforço, utiliza-se a tensão admissível, que será a tensão atuante máxima na fibra mais afastada, não importando se a fibra estiver tracionada ou comprimida.

**5.3.4 Dimensionamento do eixo**

O módulo de resistência definido como a razão entre o momento de inércia axial e o raio máximo do eixo apresentado na Equação 7

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32} \quad (7)$$

Tensão admissível para um aço SAE/AISI 1030 com  $\sigma_e = 259 \text{ MPa}$  com fator de segurança já aplicado na carga da viga (Equação 8 e 9).

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma_e}{K} \quad (8)$$

Diâmetro da haste:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 M_{max}}{\pi \sigma}} \quad (9)$$

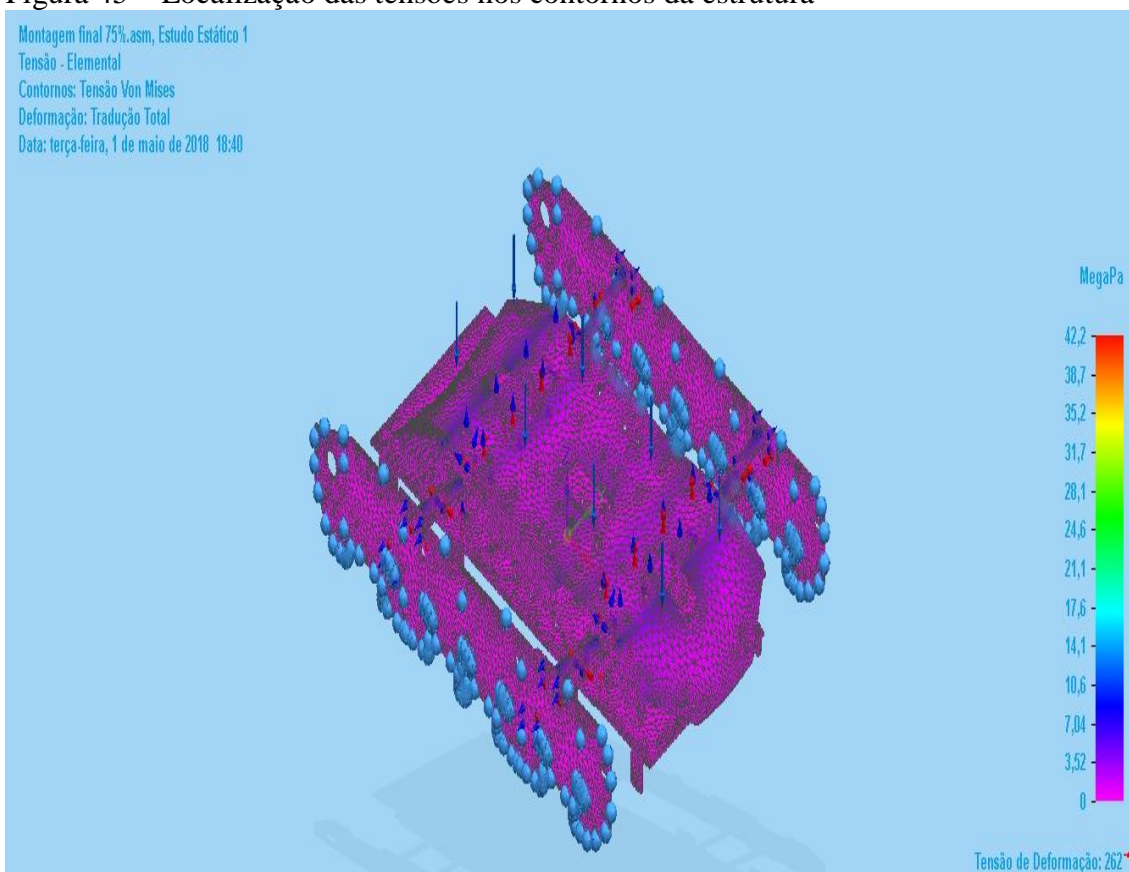
Resultado do diâmetro encontrado  $d = 7,47 \times 10^{-3}$  m.

#### 5.4 Esforços na máquina

A Teoria da Energia de Distorção (TED), também chamada de critério de Von Mises, baseia-se no fato de que a rede cristalina dos materiais se distorce sob tensão. Essa distorção pode atingir um limite além do qual não será reversível com a retirada da carga, ou seja, haverá escoamento o material além do seu limite elástico. A distorção é dada pela diferença de tensões entre os planos principais. Teoria bastante utilizada nas análises de máquinas agrícolas como apontam Al-kheer et al. (2011), os autores, trabalhando com a análise teórica da variabilidade espacial das forças provenientes do preparo do solo em máquinas para o preparo e a análise de fadiga delas, utilizaram o método para analisar o histórico de estresse resultante dessas forças nesses equipamentos.

A forma mais simples de utilizar essa teoria é através do cálculo de uma tensão normal equivalente, que seria comparada a tensão normal no ensaio de tração que levaria ao escoamento. Assim, essa tensão equivalente pode ser comparada com o limite de escoamento. Outra forma de utilizar a teoria é através do cálculo de um limite de escoamento ao cisalhamento comparado com tensão de von-Mises (Figura 45). Percebeu-se que a máxima tensão de von-Mises causada pela carga vertical na simulação foi observada na vista frontal, foi modificado o parâmetro de representação da deformação, confirmou-se a melhor a visibilidade e os valores permaneceram os mesmos. Foi ratificado que a malha não necessita de um maior número de elementos e o valor de escoamento pode ser visto na Tabela 4 (Propriedades do Material).

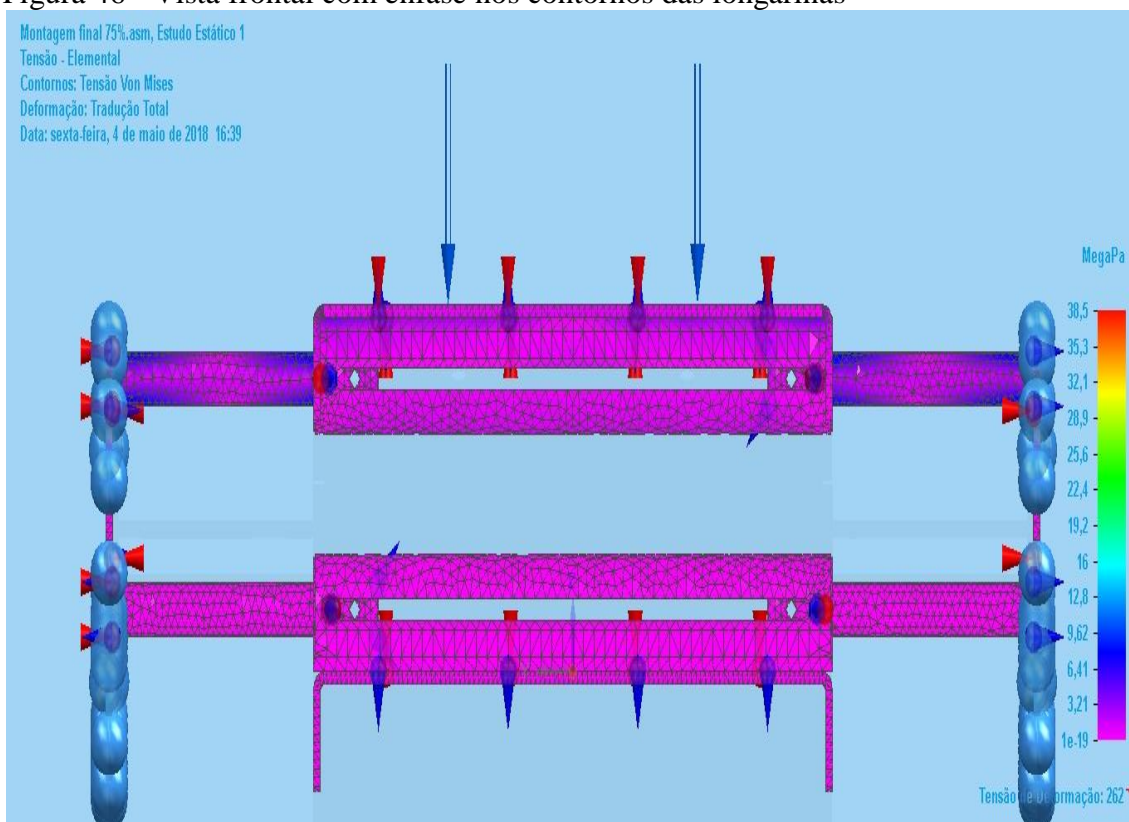
Figura 45 – Localização das tensões nos contornos da estrutura



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

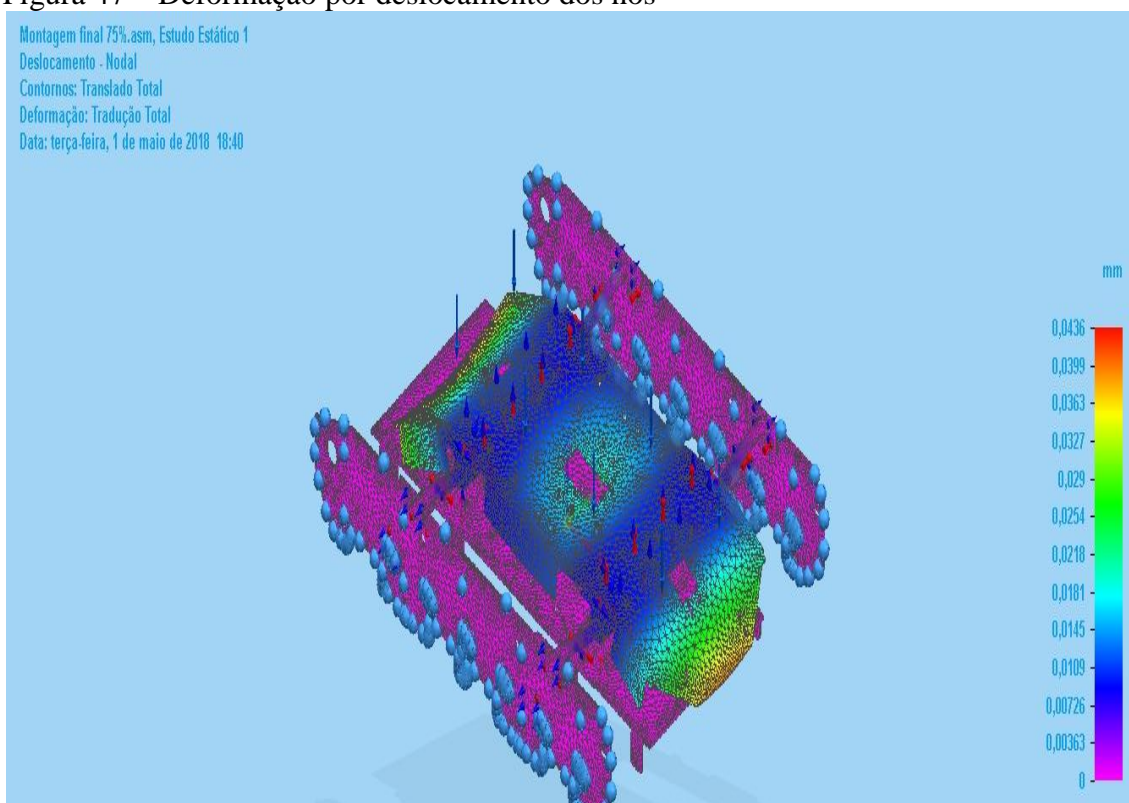
A tensão de escoamento a tração ou compressão que o material suporta é de 262 MPa e o maior valor obtido pela simulação (Tensão Equivalente von Mises) foi 38,5MPa, ou seja, a peça não terá deformação permanente seja por tração ou compressão. A tensão máxima de cisalhamento (*Maximum Shear*) que o material suporta é a tensão máxima de 358,527 Mpa da tabela 4, e o maior valor obtido na simulação foi 38,5MPa, portanto a peça também está abaixo da tensão de cisalhamento (Figuras 46, 47 e 48). A maior deformação obtida no carregamento foi 0,0434 mm, essa deformação não impede o funcionamento do equipamento e é um critério em que a estrutura obteve aprovação.

Figura 46 - Vista frontal com ênfase nos contornos das longarinas



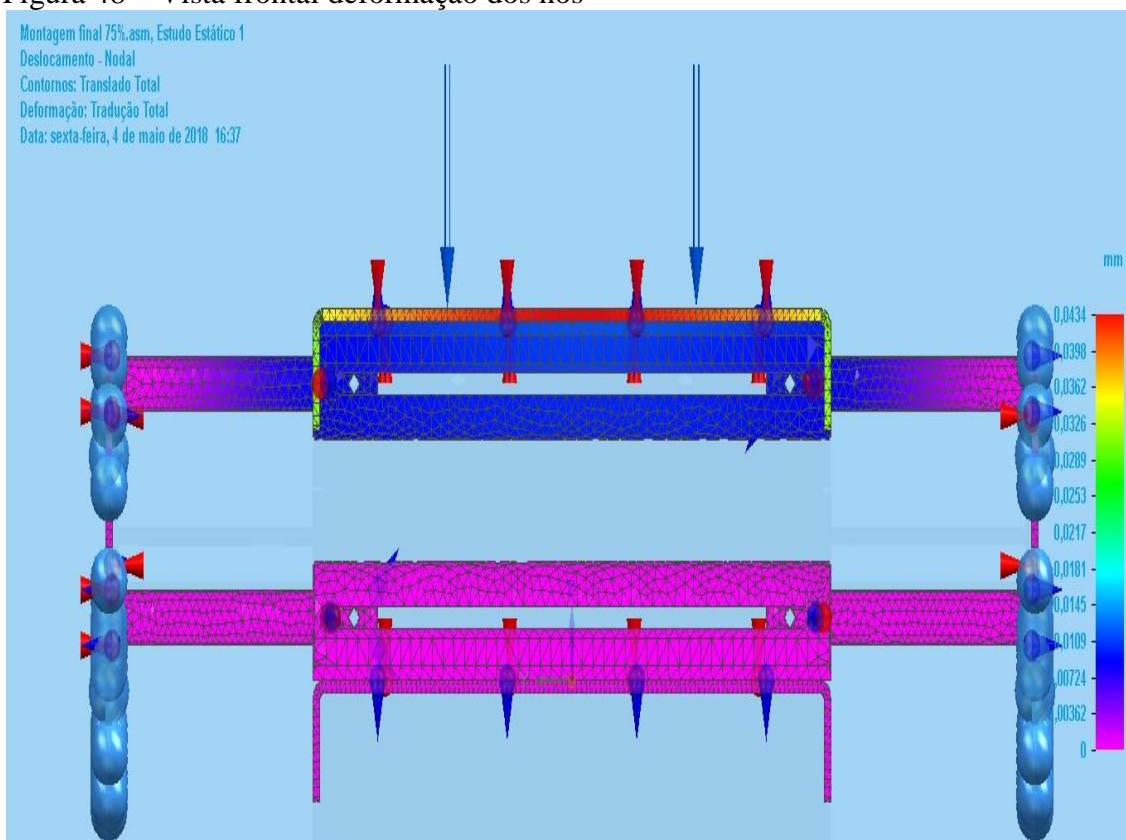
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Figura 47 – Deformação por deslocamento dos nós



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Figura 48 – Vista frontal deformação dos nos



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

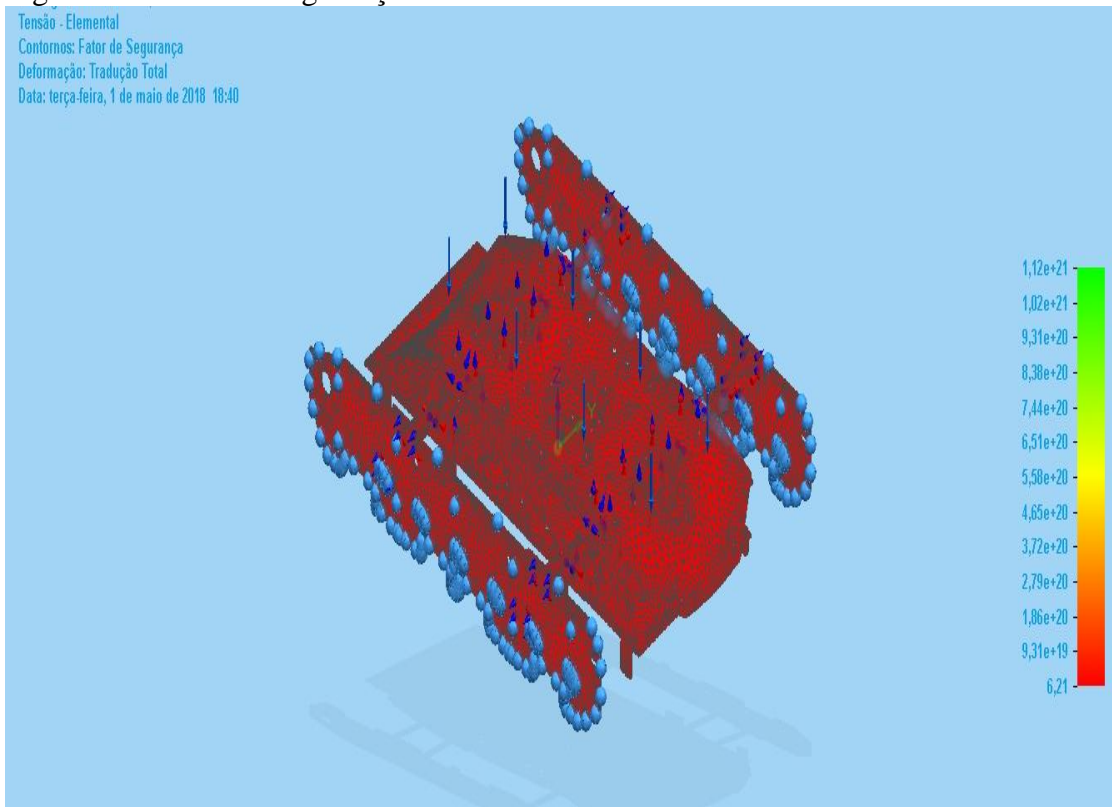
Se a aplicação da peça não for crítica e não houver carregamento cíclico que venha a causar fadiga do material nos esforços dinâmicos, a peça pode ser aprovada pelo fator de segurança mínimo igual a 6,21 (Tabela 11), sendo apresentados pelas Figuras 49 e 50. Khameneh e Azadi (2018), trabalhando com ciclo de flexão, fadiga e ruptura de ferro fundido em virabrequins, verificaram que os excessos de esforços causavam superfícies de fratura e estria no material diminuindo sua vida útil.

Tabela 11 – Fator dos resultados de segurança

Extensão	Valor	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
Mínimo	6,21	-78,295	-68,968	51,534
Máximo	1,12e+21	7,844	-127,458	-13,366

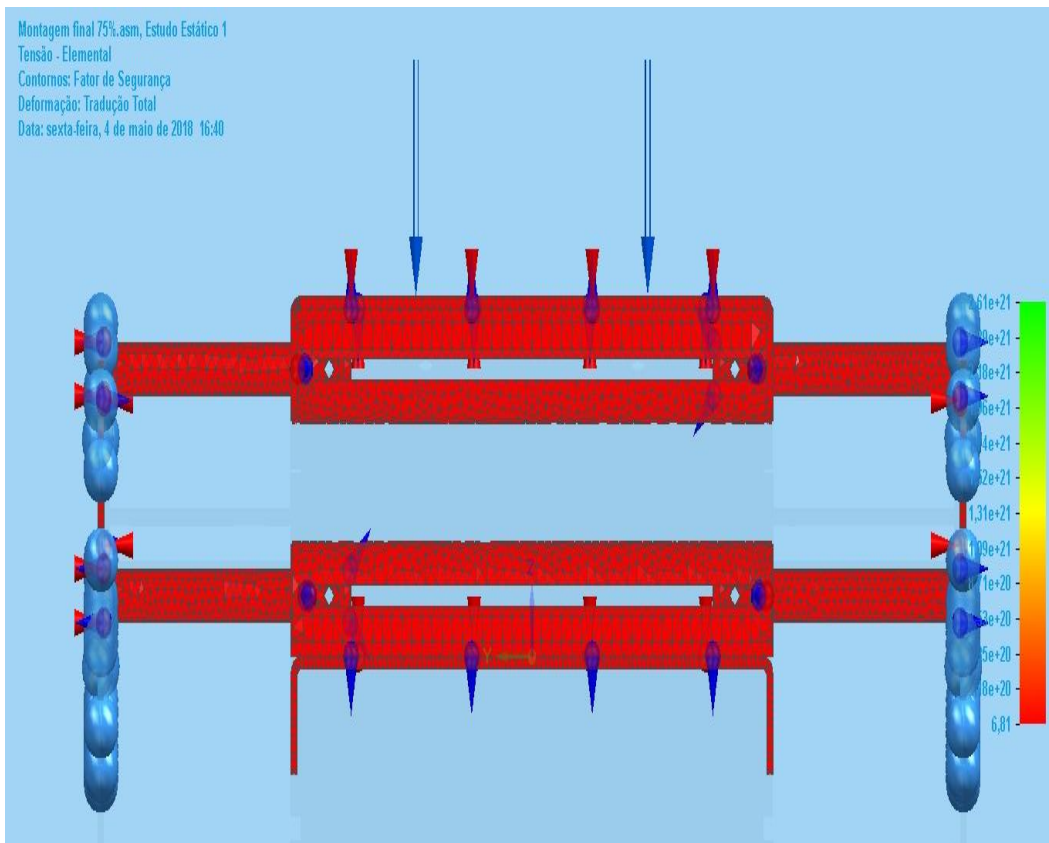
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Figura 49 – Fator de segurança



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Figura 50 – Fator de segurança



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).



A proposta de desenvolvimento de um sistema de ajuste de bitola em máquinas especializadas foi concluída. O maior desafio técnico dos objetivos específicos foi desenvolver (um sistema de programação e controle com saída de potência para acionamentos dos servos motores de propulsão e ajuste da bitola), que atende o funcionamento do protótipo, a necessidade de baixo custo foi possível com o uso dos recursos existentes tais como: Celular android, softwares livres para programação do android, programação da porta serial Bluetooth, programação Java, todas essas ferramentas permitiram de maneira relativamente fácil construir um sistema operacional de controle do protótipo somado a aquisição dos componentes eletrônicos utilizados para confecção do hardware.

O objetivo específico (a), que já está concluído, foi construir uma base com esteiras formando o chassi com um atuador linear. Atualmente o projeto concluiu a fase de desenho no Solid Edge e foi desenvolvido longarinas transversais com perfil cilíndrico definido diâmetro e corpo de fixação.

## 6 CONCLUSÃO

A invenção que deu origem a patente refere-se de uma estrutura inédita no setor de máquinas, em específico para tratores de esteiras, a sua finalidade de promover ajustes de bitola variando o vão horizontal de forma automática pré-programada ou selecionada pelo operador da máquina nos valores de medidas que variam entre máximo e mínimo do deslocamento das laterais.

O protótipo foi projetado, construído e ensaiado com o controle de distância através do aplicativo demonstrando a viabilidade do projeto.

A partir da análise dos esforços com carregamento nos pontos que levam a estrutura às tensões críticas, os resultados obtidos são considerados satisfatórios e validam o perfil que será utilizado na construção das longarinas transversais em tamanho real.

O dimensionamento verificado poderá ser aplicado na construção do chassi real para uso em um sistema de ajustagem automática ou programado, possibilitando ajustar a posição da bitola de acordo com a largura entre as fileiras do plantio.

A simulação e a aplicação em laboratório com o protótipo sensoriado possibilitou determinar as cargas na prática e realimentação no software, a partir dessas informações é possível projetar a máquina em tamanho real.

## **7 TRABALHOS FUTUROS**

Construir o equipamento em tamanho real para realizar os ensaios em diferentes situações;

Ensaiai o equipamento em condições diferentes de tipos de solo, condições de umidade e seus efeitos sobre o solo;

Analisar o desempenho no uso para diferentes culturas com espaçamentos diferentes dos que fora projetado;

Avaliar a viabilidade econômica do projeto para produção em larga escala e para pequenos produtores.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, V.; ASKENAZI, A. **Building better products with finite element analysis**. Onword Press: 1 st edition, Santa Fe, 1998.

AJALLA, Ana Cristina Araújo. **Solteiro e consorciado com tansagem (*plantago major L.*)**. 2006. 102 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal da Grande Dourados, 2006.

ALBIERO, Daniel. **Desenvolvimento e avaliação de máquina multifuncional conservacionista para a agricultura familiar**. 2010, 244 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2010.

ALBIERO, D.; MACIEL, A. J. S.; MELO, R. P.; MELLO, C. A.; MONTEIRO, L. A. Metodologias de projeto para máquinas agroecológicas: relatos de experiências. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, 7., Fortaleza, **Anais...**Fortaleza: ABA, 2011.

AL-KHEER, A. A.; EID, M.; AOUES, Y.; EL-HAMI, A.; KHARMANDA, M. G.; MOUAZEN, A. M. Theoretical analysis of the spatial variability in tillage forces for fatigue analysis of tillage machines. **Journal of Terramechanics**, v. 48, p. 285-295, 2011.

ALSHAKHOURI, M.; BUCHAN, J.; MACDONELL, S. G. Synchronised visualisation of software process and product artefacts: Concept, design and prototype implementation. **Information and Software Tecnology**, v. 98, p. 131-145, 2018.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA. **Indústria Auto Mobilística Brasileira - 50 anos**. São Paulo: Autodataeditora, 2006. 194 p. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/50anos/180.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2016.

ANSELMINI, A. Descobertas. **Revista Portal de Divulgação**, n. 35, v.2, p.1-12, 2013.

ATIVIDADE RURAL **O site da agricultura familiar**: Biblioteca: Cultura da Alface: ATIVIDADE RURAL, 2011 Disponível em: <http://atividaderural.com.br/artigos/4eaaae5d4f4a8.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2017.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Editora Manole, 1990, 307p.

BIANCHINI, A.; MAIA, J.C.S.; MAGALHÃES, P.S.G.; CAPPELI, N.; UMEZU, C.K. Pentetrografo eletrônico automático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.332-336, 2002.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO.. **Manual de hortaliças não-convencionais** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília : Mapa/ACS, 2010. 92 p

BRASIL, PORTAL. **Índice Geral de Preços do Mercado-IGP-M** (Fundação Getúlio Vargas-FGV), 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Portaria nº 852 - Art. 1º Criar a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão – CBAP. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21 set. 2012. Seção 1, n.184. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do42.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do42.htm). Acesso em 18 ago. 2016.

CARLOMAGNO, M.; SCHERER, F. **Gestão da Inovação na Prática: como aplicar conceitos e ferramentas para alavancar a inovação**. Atlas, São Paulo, 2009.

CALLISTER, W. D. Jr. **Materials science and engineering**. New York: John Wiley Sons, 5 edition, 2002. p. 520.

CAVALLO, E.; FERRARI, E.; BOLLANI, L.; COCCIA, M. Attitudes and behaviour of adopters of technological innovations in agricultural tractors: A case study in Italian agricultural system. **Agricultural Systems**, v. 133, n.9, p. 44-54, 2014.

COLLINS, Jack A. **Projeto mecânico de elementos de máquinas: uma perspectiva de prevenção da falha**. Livros Técnicos e Científicos, 2006.

COSTA ND. 2012. **A cultura da cebola**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA. 116p.

COSTA, E.; MONTEIRO, L. A.; SANTOS, V. C.; MACEDO, D. X. S.; ALBUQUERQUE, T. N. Desenvolvimento de um artefato para atenuação da vibração de corpo inteiro em tratores agrícolas. **Energia Na Agricultura**, v. 33, n. 1, p. 22-26, 2018.

DAUN, T.; BUCHWALD, H.; GERLICHER, A.; BIRNER, R. Smartphone apps as a new method to collect data on smallholder farming systems in the digital age: A case study from Zambia. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 153, p. 144-150, 2018.

DEVELOPERS. **Conheça o Android Studio**. Online. Disponível em: <<https://developer.android.com/studio/intro/?hl=pt-br>>. Acesso em: 26 abr. 2018.

DERRY, Thomas Kingston; WILLIAMS, Trevor I. **Historia de la tecnología**. Siglo XXI de España Editores, 1977.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Espaçamento e densidade. 2009. Online. Disponível em:<[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/arvore/AG01\\_73\\_19122006104854.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/arvore/AG01_73_19122006104854.html)>. Acesso em:15 ago. 2017.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidropônia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002.

FILGUEIRA, Fernando Antonio Reis. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2.ed. rev. e ampl. Viçosa: Ed. UFV, 2003. 412p.

FONSECA, Maria da Graça Derengowski. **Concorrência e progresso técnico na indústria de máquinas para a agricultura: um estudo sobre trajetórias tecnológicas**. 1990.

GERE, James. **Mechanics of materials**, 6 ed. 2004.

GO BOTANY. *Allium schoenoprasum*. Online. Disponível em: <<https://gobotany.newenglandwild.org/species/allium/schoenoprasum/>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

GOMIDE, R. L. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. 1998. p. 133-238.

HASSALL, J. **Future trends in precision agriculture: a look into the future of agricultural equipment**. Nuffield Australia, 2010. p. 1-36.

HENZ, Gilmar Paulo; SUINAGA, F. A. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 2009.

HERREN, Ray. **Agricultural mechanics: Fundamentals & applications**. Cengage Learning, 2014.

HORTALIÇAS, EMBRAPA. **Sistemas de Produção**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009.

HEST, D. **Capitalizing on the cloud: wireless connectivity in agriculture will make big gains in 2013**. Onsite, 2013. Disponível em: <<https://www.onsiteag.com/news/capitalizing-on-the-cloud-wireless-connectivity-in-agriculturewill-make-big-gains-in-2013—21.html>>. Acesso em: 1 de abr de 2017.

HENZ, Gilmar Paulo; ALCÂNTARA, Flávia Aparecida de. **Hortas: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Editores técnicos, Gilmar Paulo Henz, Flávia Aparecida de Alcântara. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 237 p.

HIBBELER, R. C. *Mechanics of Materials*. 9 ed. 2014.

HUGHES, H.A.; HOLTMAN, J. B. **Machinery complement selection based on time constraints**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 19, n. 5, p. 812-14, 1976.

IDIER, D. Science fiction and technology scenarios: comparing Asimov's robots and Gibson's cyberspace. **Technology in Society**, v. 22, n.1, p. 255-272, 2000.

INAMASU, R. Y. et al. Agricultura de Precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro. **Embrapa Instrumentação - Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2011.

INAMASU, Ricardo Y.; BERNARDI, AC de C. Agricultura de precisão. **Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2014.

ISOBUS. **Força Tarefa ISOBus**. Disponível em: <[http://www.isobus.org.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=50&Itemid=37](http://www.isobus.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=37)>. Acesso em: 10 out. 2016.

IRIGARAY, Hélio Arthur. **Gestão e desenvolvimento de produtos e marcas**. Editora FGV, 2015.

JUVINALL, Robert.; MARSHEK, Kurt. Fundamentos do projeto de componentes de máquinas. **LTC-Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro**, v.4, 2008.

JUVINALL, Robert C.; MARSHEK, Kurt M. Fundamentos do projeto de componentes de máquinas. **LTC-Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro** – 5. Ed., 2016.

KHAMENEH, M. J.; AZADI, M. Evaluation of high-cycle bending fatigue and fracture Behaviors in EN-GJS700-2 ductile cast iron of crankshafts. **Engineering Failure Analysis**, v. 85, p. 189-200m 2018.

KIM, W. Chan; MAUBORGNE, Renée. Blue ocean strategy: from theory to practice. **California Management Review**, v.47, n.3, p.105-121, 2005.

LEIB, B.G.; MATTEWS, G.; KROEGER, M. **Monitoring irrigation system "on-time" with micro-loggers** St. Joseph: ASAE, 1999.

LI, S.; LIU, S.; LIU, Z.; HU, N. Springbok: An App deployment accelerator for Android smart devices. **Computers and Electrical Engineering**, v. 71, p. 223-236, 2018.

LÍDER AGRONOMIA. Cenoura. Online. Disponível em: <<http://www.lideragronomia.com.br/2012/08/cenoura.html>> . Acesso em: 18 abr. 2018.

LIU, Y.; ZHAO, T.; JU, W.; SHI, S. Materials discovery and design using machine learning. **J Materiomics**, v. 3, p. 159-177, 2017.

MASCARENHAS, M. H. T.; ROCHA, FE de C. Panorama da mecanização na olericultura brasileira. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1997.

MAKISHIMA, Nozomu. O cultivo de hortaliças. **Coleção Plantar**, 1993.

MELO, M. **Circuito Carioca de Feiras Orgânica**. Disponível em: <http://maps.google.com.br/maps/ms?ie=UTF8&oe=UTF8&msa=0&msid=216945583591336355959.0004d59ee8d1046a09da0>. Acesso em 18 ago. 2016.

MONTEIRO, Leonardo de Almeida; ARBEX, Paulo Roberto. **Operação com tratores agrícolas**. Botucatu: Ed. dos Autores, 2009.

MANTOVANI, E.C.; QUEIROZ, D.M.; DIAS, G.P. Máquinas e operações utilizadas na agricultura de precisão. In: SILVA, F. M. (Ed.). Mecanização e agricultura de precisão. Poços de Caldas: SBEA, 1998. p.109-157.

MORETTI, Celso Luiz. Boas práticas agrícolas para a produção de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v.21, n 2, p.1-27, 2003.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUARIA E ABASTECIMENTO. Plano Agricultura e Pecuário, Brasília: **MAPA**, 2017. Disponível em: <[www.agricultura.gov.br/pap](http://www.agricultura.gov.br/pap). Acesso: 12 jan. 2017.

MINAMI, K. **A cultura da rúcula**. ESALQ, 1998.

NOGUEIRA FILHO, Hércules; HAMMAM, Jonas Janner. **Mecanização agrícola**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. Colégio Politécnico: Rede e-Tec Brasil, 2016. 90p.

NORTON, Robert L. **Cinemática e dinâmica dos mecanismos**. McGraw Hill Brasil, 2010.

NORTON, Robert Luis. **Projeto de máquinas**. Bookman Editora, 2013.

PLANTINFO. Brassica oleracea var capitata. Online. Disponível em: <<http://plantinfo.co.za/plant/brassica-oleracea-var-capitata/>>. Acesso em: 18 abr.. 2018.

PEÇA, José. **Tractor agrícola-Transmissão para as rodas, pneus e bitola**. 2012.

PESSÔA, Marcelo Schneck de Paula. **Introdução a automação**: Para cursos de engenharia e gestão/ Marcelo Schneck de Paula P, Mauro de Mesquita Spinola. – 1.ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

REDETEC-RJ. **P&D e Inovação para micro e pequenas empresas do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: REDETEC-RJ, 2008.

ROSÁRIO, João Maurício. **Princípios de Mecatrônica**. 2005.

SANTOS, João Eduardo Granetti Garcia dos; SANTOS FILHO, Abílio Garcia dos. **Apostila de Máquinas Agrícolas**. Universidade Estadual Paulista, Campus Universitário de Bauru, Faculdade de Engenharia, Bauru, SP, p. 81-82, 2001.

SANTOS FILHO, A. G.; DOS SANTOS, J. E. G. G. **Apostila de Máquinas Agrícolas**. Unesp, Bauru-SP, 2001.

SANTOS, M. E. R.; TOLEDO, P. T. M; LOTUFO, R. A. **Transferência de Tecnologia**: estratégias para a estruturação e gestão de NITs. Campinas: INOVA, 2009.

SARAIVA, A. M.; CUGNASCA, C. E. Redes de comunicação serial em máquinas agrícolas: uma revisão. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v. 8, p. 17-35, 2006.



SARKAR, S. F.; POON, J. S.; LEPAGE, E.; BILECKI, L.; GIRARD, B. Enabling a sustainable and prosperous future through Science and innovation in the bioeconomy at Agriculture and Agri-Food Canada. **New Biotechnology**, v. 40, p. 70-75, 2018.

SCHMIDT, WULF et al. Distribuição espacial de pivôs centrais no Brasil: I-Região Sudeste centrais no Brasil: I-Região Sudeste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 2/3, p. 330-333, 2004.

SHIGLEY, Joseph E. et al. **Machine Design**. 1996.

SILVA, J.M.C. Distribution of Amazonian and Atlantic birds in gallery forests of the cerrado region, South America. **Ornitologia Neotropical**, v.7, n.1, p.1-18, 1996.

SOPEGNO, A.; CALVO, A., BERRUTO, R.; BUSATO, P.; BOCTHIS, D. A webmobile application for agricultural machinery cost analysis. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.130, p. 158-168, 2016.

STAFFORD, J. V. Implementing Precision Agriculture in the 21st Century. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 76, p. 267-275, 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1006/jaer.2000.0577>>. Acesso em 18 abr. de 2016.

STUMPF, E. **Alface (Lactuca Sativa)**. Online. Disponível em: <<https://www.fazfacil.com.br/jardim/como-plantar-alface/>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

STUMPF, E. **Cebola (Allium Cepa)**. Online. Disponível em: <<https://www.fazfacil.com.br/jardim/cebola-allium-cepa/>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

SZULC, M.; MALUDJA, I.; TALASKA, K. Method determination of safety fator example of selected structure. *Procedia Engineering*, v. 136, p. 50-55, 2016.

UNERTI, K. **Rúcula** – Eruca sativa. Jardineiro net. Online. 2017. Disponível em: <<https://www.jardineiro.net/plantas/rucula-eruca-sativa.html>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

VARELLA, Carlos Alberto Alves. **Introdução ao estudo dos tratores agrícolas**. 2011.

VAZ, A. P. A.; JORGE, M. H. A. **Cebolinha**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2007. 1 p. (Plantas medicinais, codimentares e aromáticas).

VIEIRA, J. V. **Cultivo da cenoura (Daucus carota L.)**. EMBRAPA-CNPQ, 1997.

VIAN, C. E. de F. et al. Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.51, n.4, p.719-744, 2013.

VILELA, L.A.A.; CARVALHO, H.P.; PRADO, G.; BOTREL, T.A. Construção e calibração de um manômetro digital microprocessado. In: **Congresso brasileiro de engenharia agrícola**, 32., 2003. Goiânia. **Anais...** Goiania: SBEA, 2003.

VILELA, N. J.; BORGES, I. O. 2008. **Retrospectiva e situação atual da cenoura no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 9p (Circular Técnica, 59).

VILELA NJ; HENZ GP. 2000. Situação atual da participação das hortaliças no agronegócio brasileiro e perspectivas futuras. **Cadernos de Ciências & Tecnologia** 17: 71-89.

WATTON, John. **Fundamentals of fluid power control**. Publisher Cambridge University Press, 2009

ZACKIEWICZ, M.; BONACELLI, M. B.; SALLES FILHO, S. Estudos prospectivos e a organização de sistemas de inovação no Brasil. **São Paulo em perspectiva**, v. 19, n.1, p.115-121, 2005.

ZAHAVI, Eliahu. **The finite element method in machine design**. Prentice Hall, 1992.

## ANEXO A – CONCEITOS DAS NORMAS ABNT/CB-04 E ABNT/CB05

Diversos países apresentam organizações de desenvolvimento de normas com comitês específicos para o trabalho de normalização em tratores e máquinas agrícolas. No Brasil, através da Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT) esse assunto é tratado no âmbito da ABNT/CB-04 – Máquinas e Equipamentos Mecânicos e da ABNT/CB-05 – Automotivo e as respectivas Comissões de Estudo (CE) ativas que as desenvolvem. As terminologias segundo a ABNT são:

- Plano de apoio: plano onde se apoia o trator deve ser uma superfície horizontal rígida.

- Plano médio de uma roda ou esteira: é o plano que equidistante de dois planos paralelos, tangentes às periferias das bordas laterais das rodas ou esteiras.

- Plano médio do trator: plano médio longitudinal do trator é o plano vertical longitudinal que equidistante dos planos médios das rodas ou esteiras. No caso de rodas duplas será o plano vertical longitudinal equidistante dos planos médios de cada par

- Bitola: é a distância entre os planos médios definidos no item Plano médio de uma roda ou esteira, tomada sobre um mesmo trem e da intersecção dos planos com o solo. No caso de tratores com rodas duplas, a bitola será a distância entre os planos médios de cada par. As rodas devem estar em posição tal que o trator possa se deslocar em linha reta.

- Comprimento: é a distância entre dois planos verticais perpendiculares ao plano médio do trator que tocam suas extremidades traseira e dianteira. Todas as partes do trator, em particular dos componentes que se projetam anterior e posteriormente, como barras de tração, etc. São contidos entre esses dois planos. Componentes de engate removíveis anterior e posteriormente, como barras inferiores de engate em três pontos não são incluídos no comprimento.

- Largura: é a distância entre dois planos verticais paralelos ao plano médio do trator cada plano tocando o ponto mais externo do trator nos seus respectivos lados. Todas as partes do trator, em particular todos os componentes fixados que se projetam laterais mente, por exemplo, cubos de roda, pontas de eixos, são contidos entre esses dois planos.

- **Altura:** é a distância entre o plano de apoio e o plano horizontal que toca a parte mais alta do veículo. Esta altura poderá ser dada com o seu tubo de escapamento e cabina.

- **Distância entre eixos:** distância horizontal entre os planos verticais que contém os eixos geométricos das rodas anteriores e posteriores, estando às mesmas em posição tal que o trator possa se deslocar em linha reta.

- **Vão livre:** distância entre o plano de apoio do trator e a parte mais baixa do mesmo, descontando para isso 30% do valor da bitola para cada lado. Esta determinação será feita na mínima bitola das rodas traseiras.

- **Operação Agrícola:** toda atividade direta e permanentemente relacionada com a execução do trabalho de produção agropecuária.

- **Máquinas Agrícolas:** máquina projetada especificamente para realizar integralmente ou coadjuvar a execução da operação agrícola.

- **Implemento agrícola:** implemento ou sistema mecânico, com movimento próprio ou induzido, em sua forma mais simples, cujos órgãos componentes não apresentam movimentos relativos.

- **Ferramenta Agrícola:** implemento, em sua forma mais simples, o qual entra em contato direto com o material trabalhado, acionado por uma fonte de potência qualquer.

- **Máquina Combinada ou Conjugada:** É uma máquina que possui, em sua estrutura básica, órgãos ativos que permitem realizar, simultaneamente ou não, várias operações agrícolas.

- **Acessórios:** Órgãos mecânicos ou ativos que, acoplados à máquina agrícola ou implemento, permite tanto aprimoramento do desempenho como execução de operações diferentes para o qual foi projetado.

## ANEXO B – PATENTE DE INVENÇÃO DEPOSITADA NO INPI

**Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT**

Número do Processo: BR 10 2018 007879 8

**Dados do Depositante (71)**

---

Depositante 1 de 1

**Nome ou Razão Social:** UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**Tipo de Pessoa:** Pessoa Jurídica**CPF/CNPJ:** 07272636000131**Nacionalidade:** Brasileira**Qualificação Jurídica:** Instituição de Ensino e Pesquisa**Endereço:** Av da universidade, 2853 - Benfica**Cidade:** Fortaleza**Estado:** CE**CEP:** 60710-780**Pais:** Brasil**Telefone:** (85) 3366-9434**Fax:** (85) 3366-9941**Email:** patentes@ufc.br

---

**PETICIONAMENTO  
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Peticionamento Eletrônico em 19/04/2018 às 11:28, Petição 870180031719

**Dados do Pedido**

---

**Natureza Patente:** 10 - Patente de Invenção (PI)

**Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54):** SISTEMA DE AJUSTE DE BITOLA PARA TRATORES AGRICOLA DE ESTEIRAS".

**Resumo:** A invenção se refere a uma estrutura aplicada no setor de máquinas, em específico para tratores de esteiras, a sua finalidade é promover ajustes de bitola variando o vão horizontal de forma automática pré-programada ou selecionada pelo operador da máquina nos valores de medidas que variam entre máximo e mínimo do deslocamento das laterais. Com a aplicação da patente em máquinas com esteiras os inúmeros pontos negativos dos sistemas convencionais são convertidos em operações mais simples e economicamente viáveis. Eliminando riscos ao ser humano nas operações homem-máquina, facilitando o ajuste da máquina reduzindo a configuração de operação incluindo a condução da mesma a um posto de manutenção para a devida ajustagem, isto permitirá a máquina operar em inúmeras solicitações das mais diversas aplicações já dimensionada na reivindicação, além de reduzir os riscos de acidentes na operação de ajuste, redução de custos ao proporcionar a multifunção em diversos terrenos e aplicações agrícolas.

**Figura a publicar:** 3

---

**PETICIONAMENTO  
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 19/04/2018 às 11:28, Petição 870180031719

Fim.

**Nome:** JOSÉ HELDENIR PINHEIRO BEZERRA  
**CPF:** 25874519300  
**Nacionalidade:** Brasileira  
**Qualificação Física:** Pesquisador  
**Endereço:** av sargento herminio nº 1511 ap 300  
**Cidade:** Fortaleza  
**Estado:** CE  
**CEP:**  
**País:** BRASIL  
**Telefone:**  
**Fax:**  
**Email:** jjhpinheiro@gmail.com

#### Documentos anexados

---

Tipo Anexo	Nome
Relatório Descritivo	RELATORIO DESCRITO.pdf
Reivindicação	REIVINDICAÇÃO.pdf
Resumo	4ResumoBitola.pdf
Desenho	3DesenhoAjusteBitola.docx.pdf
Comprovante de pagamento de GRU 200	GRUPagaHeldenir.pdf

#### Acesso ao Patrimônio Genético

---

- Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

#### Declaração de veracidade

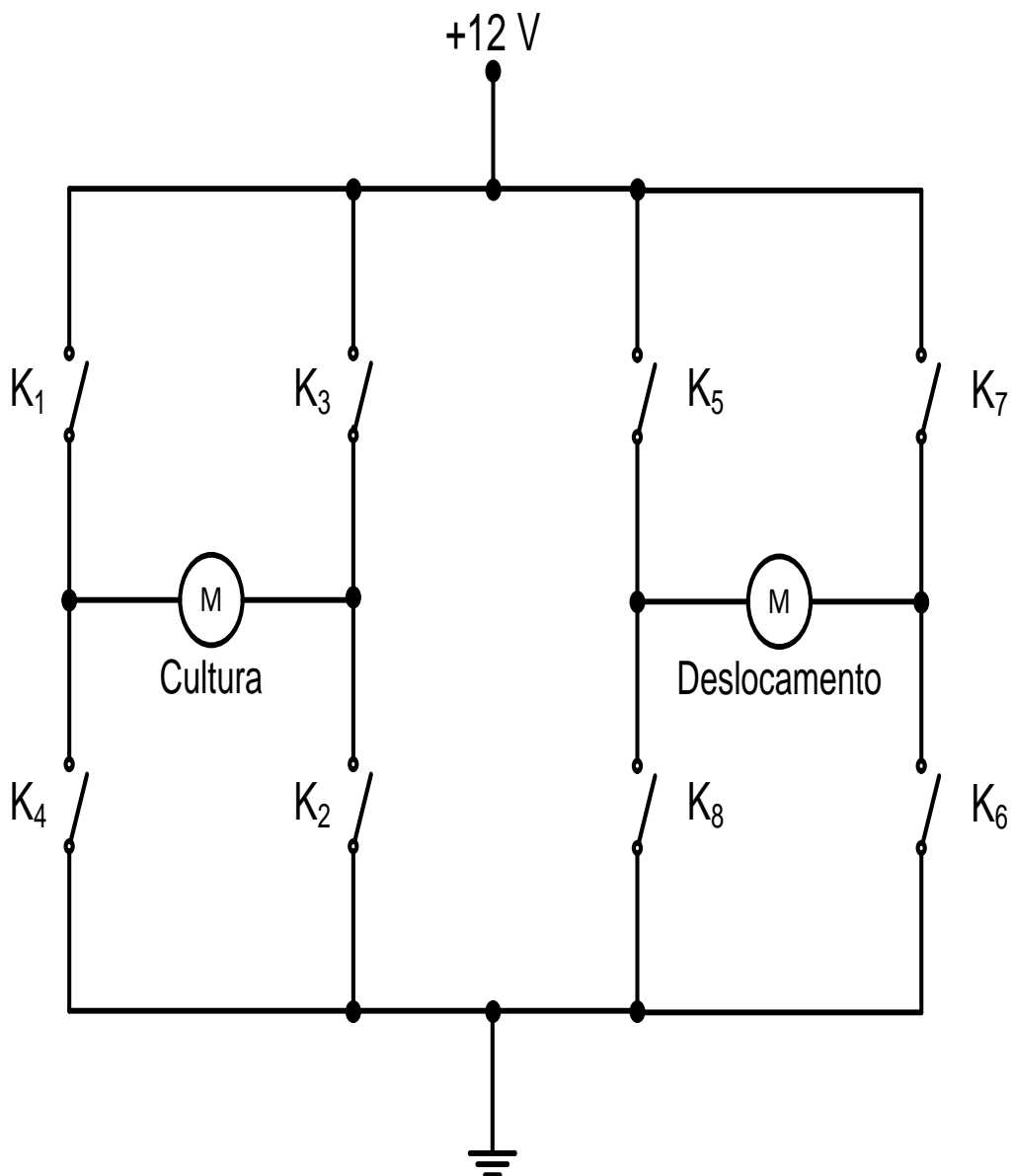
---

- Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

**PETICIONAMENTO  
ELETRÔNICO**

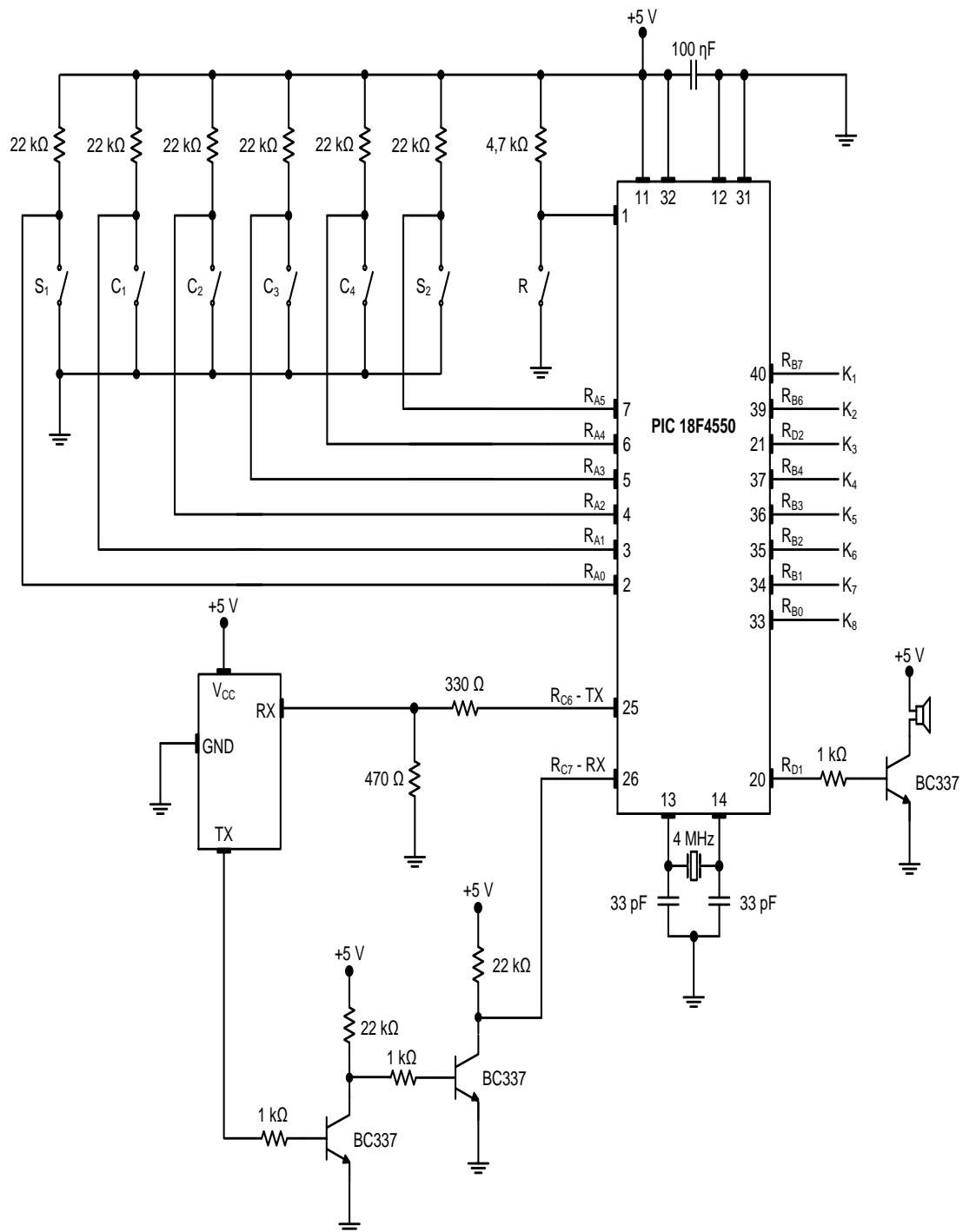
Esta solicitação foi enviada pelo sistema Peticionamento Eletrônico em 19/04/2018 às 11:28, Petição 870180031719

**APÊNDICE A - MÓDULO DE RELÉS PARA DESLOCAMENTO DO  
PROTÓTIPO E ATUADOR**

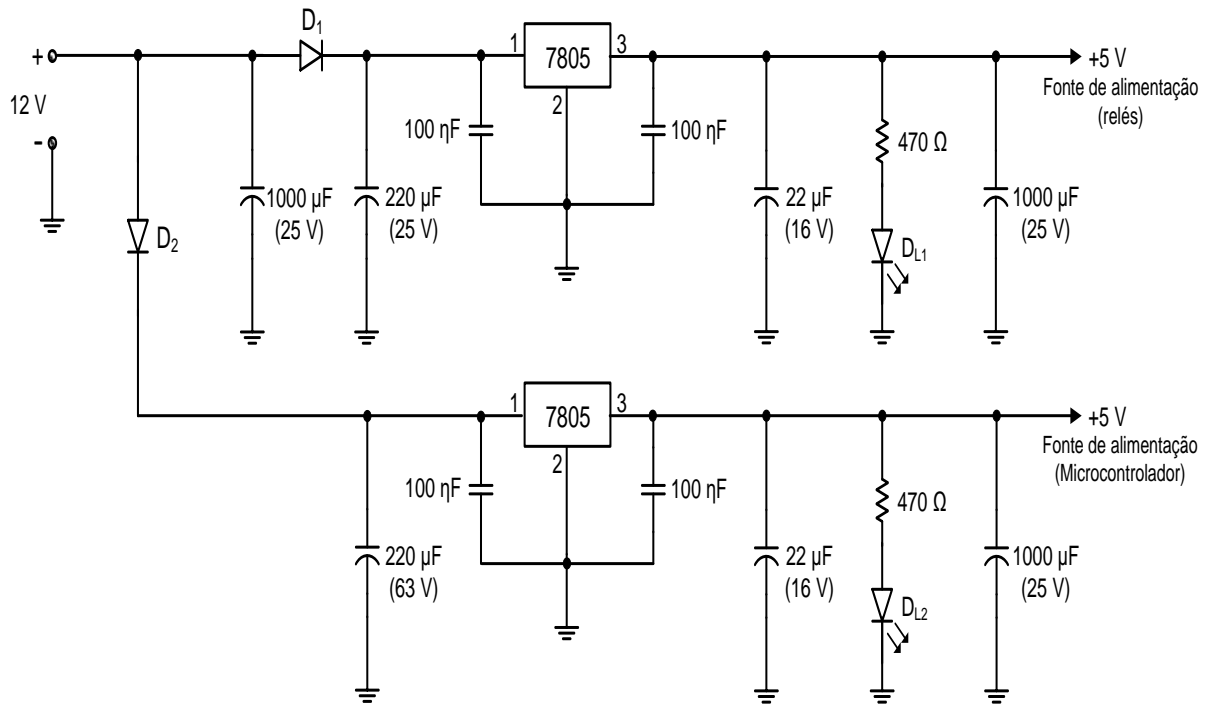




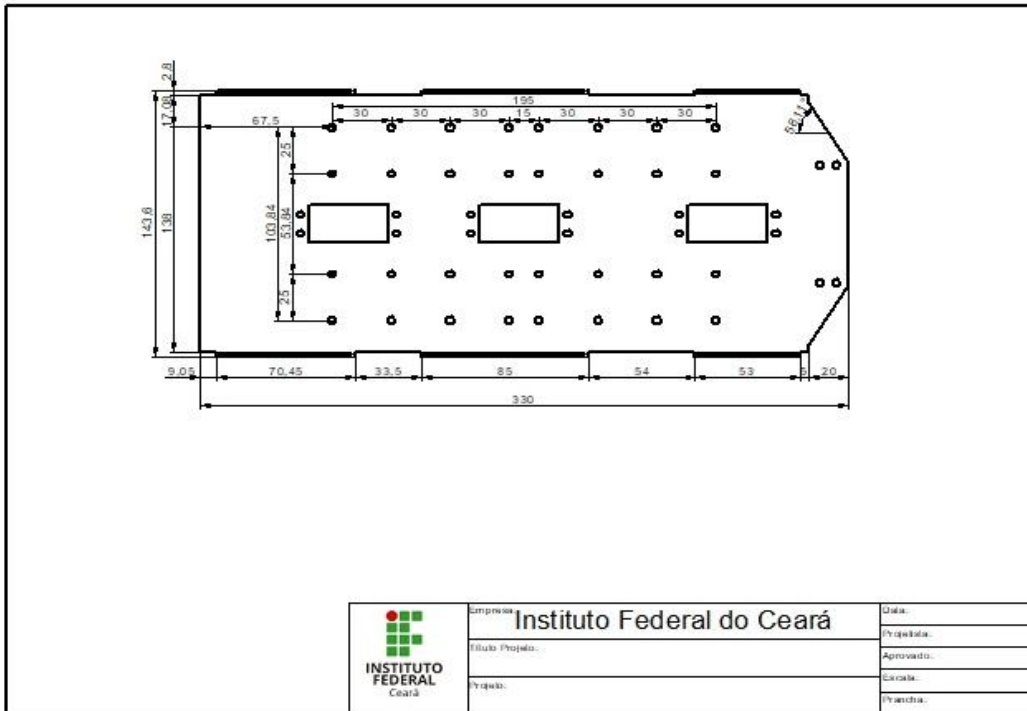
## APÊNDICE B - MICROCONTROLADOR PIC18F4550



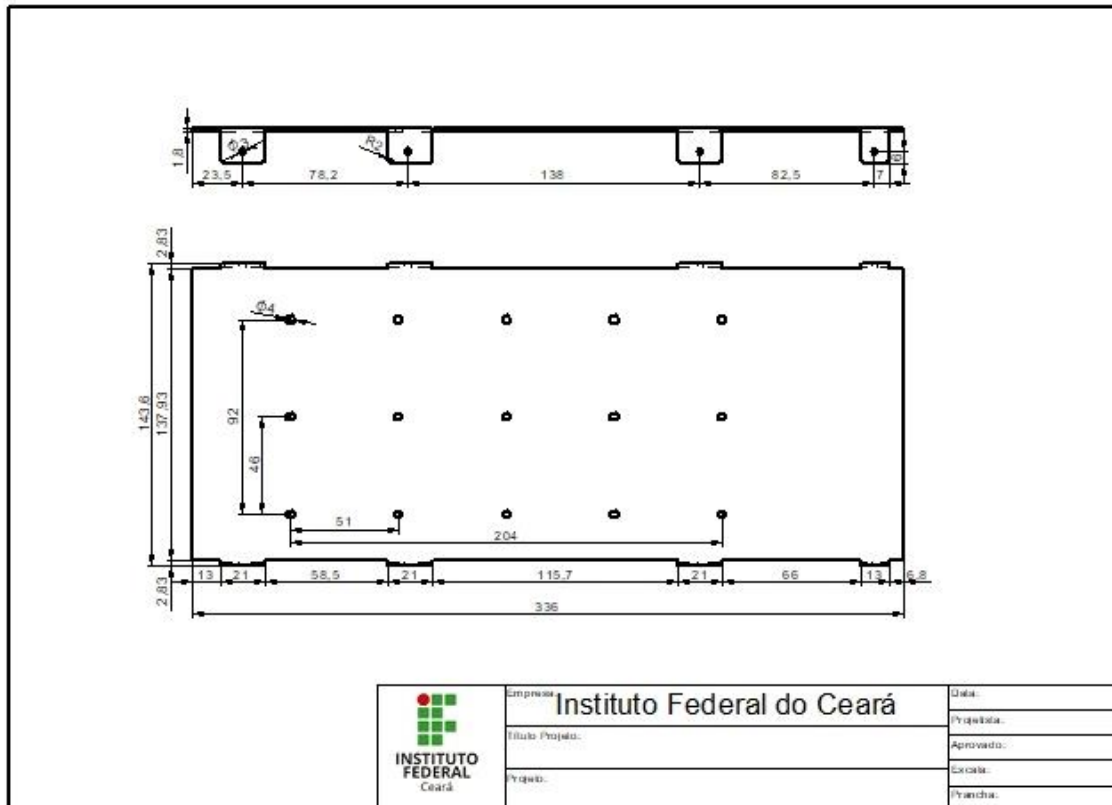
## APÊNDICE C - FONTE CORRENTE CONTINUA



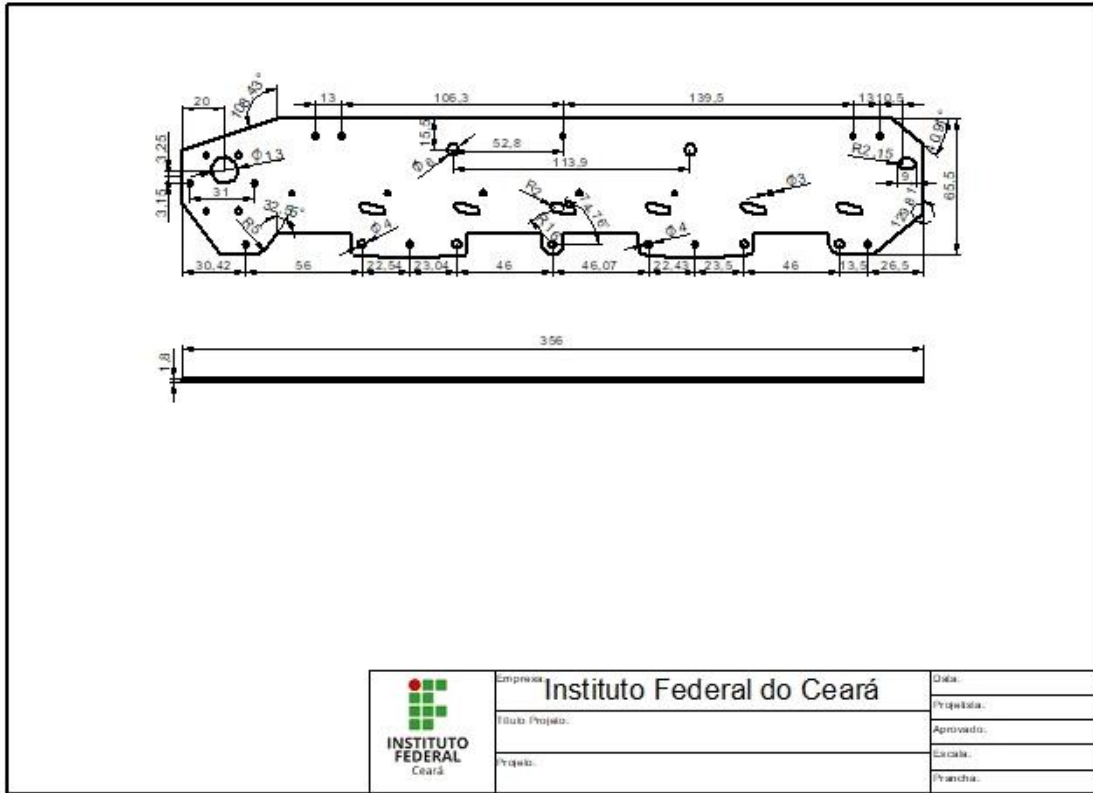
APÊNDICE D – FOLHA DE ENGENHARIA 1



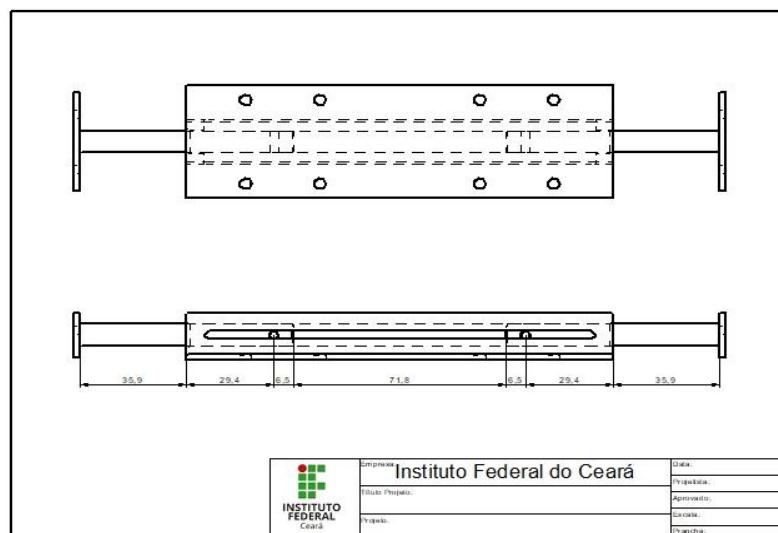
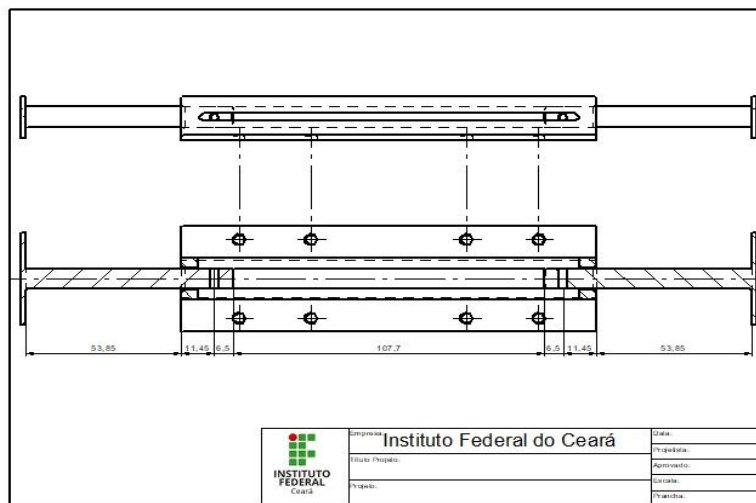
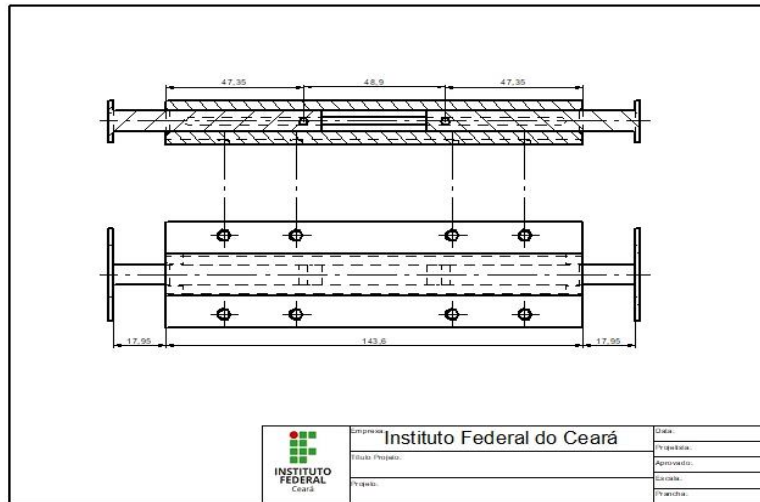
## APÊNDICE E – FOLHA DE ENGENHARIA 2



### APÊNDICE F- FOLHA DE ENGENHARIA 3



APÊNDICE G - FOLHA DE ENGENHARIA 4



## APÊNDICE H - FOLHA DE ENGENHARIA 5

