

FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ – FAACZ
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA MECÂNICA

CARLOS TARCÍSIO MACIEL GONZAGA
JULIO CESAR RODRIGUES
RAISSA BORCHARDT SALLA
RENAN DEMUNER SCALZER

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO DE PULVERIZAÇÃO DE
DEFENSIVOS AGRÍCOLAS COM SISTEMA DE BOMBEAMENTO ACIONADO
POR RODAS**

Aracruz
2018

CARLOS TARCÍSIO MACIEL GONZAGA

JULIO CESAR RODRIGUES

RAISSA BORCHARDT SALLA

RENAN DEMUNER SCALZER

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO DE PULVERIZAÇÃO DE
DEFENSIVOS AGRÍCOLAS COM SISTEMA DE BOMBEAMENTO ACIONADO
POR RODAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Coordenadoria do Curso de Engenharia Mecânica
das Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ,
como requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Prof. Esp. Anderson Fanchiotti da
Silva

Aracruz

2018

CARLOS TARCÍSIO MACIEL GONZAGA

JULIO CESAR RODRIGUES

RAISSA BORCHARDT SALLA

RENAN DEMUNER SCALZER

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO DE PULVERIZAÇÃO DE
DEFENSIVOS AGRÍCOLAS COM SISTEMA DE BOMBEAMENTO ACIONADO
POR RODAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Coordenadoria do Curso de Engenharia Mecânica
das Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ,
como requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em _____ de _____ de 2018.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Esp. Anderson Fanchiotti da Silva
Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ

Prof. Me. Warlen Alves Monfardini
Instituto Federal do Espírito Santo - IFES

Prof. Esp. Patrik Borges do Nascimento Leal
Faculdades Integradas de Aracruz – FAACZ

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Declaramos, para fins de pesquisa acadêmica, didática e técnico científica, que este Trabalho de Conclusão de Curso pode ser parcialmente utilizado, desde que se faça referência à fonte e aos autores.

Aracruz, 18 de dezembro de 2018.

Carlos Tarcísio Maciel Gonzaga

Julio Cesar Rodrigues

Raissa Borchardt Salla

Renan Demuner Scalzer

Dedicamos este trabalho à Deus e às nossas famílias que são a base deste trabalho, sem eles não conseguiríamos chegar até aqui. Aos professores que contribuíram para a realização e aos nossos amigos que nos apoiaram e incentivaram.

Agradecemos primeiramente a Deus por ter nos permitido chegar ao fim dessa caminhada.

Aos nossos pais pelo incentivo e conselhos dados ao longo desses 5 anos de graduação e cada palavra de motivação;

Ao nosso orientador Prof. Anderson Fanchiotti da Silva, pela dedicação em nos fazer crescer com o trabalho, pelos ensinamentos, amizade e pela dedicação;

Às Faculdades Integradas de Aracruz, pela oportunidade de aprendizado e pelo conhecimento transferido ao longo de todos esses anos;

Ao Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Aracruz, por abrir as portas de sua biblioteca para fazermos algumas de nossas pesquisas;

Aos professores João Paulo Calixto da Silva e Mario Sérgio da Rocha Gomes, que nos instruíram diretamente no início deste trabalho;

Aos nossos colegas de classe, que nos incentivaram a chegar até essa etapa de nossas vidas;

Aos agricultores, que gentilmente responderam às nossas perguntas e abraçaram nossas ideias;

A todos que, embora não mencionados, contribuíram para a realização deste trabalho, direta ou indiretamente.

MUITO OBRIGADO!

Para se ter sucesso, é necessário amar de verdade o que se faz. Caso contrário, levando em conta apenas o lado racional, você simplesmente desiste. É o que acontece com a maioria das pessoas.

(STEVE JOBS)

RESUMO

O pulverizador costal manual é amplamente utilizado na agricultura familiar para a realização de controles fitossanitários, com objetivo principal de assegurar a produtividade em diferentes cultivos, por ser considerado um equipamento versátil, de fácil manuseio e aquisição. Contudo, o mesmo traz aspectos negativos principalmente ligados a ergonomia, prejudicando a saúde do operador.

Este trabalho contempla o projeto e a construção do protótipo de um equipamento de pulverização de defensivos agrícolas com sistema de bombeamento acionado por rodas, que surgiu a partir da percepção da falta de um pulverizador no mercado que ofereça um maior conforto durante a aplicação por um baixo custo, e através de pesquisa de mercado notou-se que o pulverizador mais utilizado na região é o pulverizador costal manual modelo Jacto PJH 20 litros, objeto base desse projeto. Utilizou-se como referência para construção o carrinho pulverizador manual knapik PR 20 e algumas de suas peças. A barra de pulverização foi dimensionada para aplicação de herbicida na cultura de goiaba. Tomou-se o cuidado de adicionar um protetor de deriva para o herbicida não atingir a cultura. Além disso, o protótipo apresenta resultados satisfatórios na geografia da região em que o mesmo foi utilizado.

Concluiu-se que o protótipo criado traz benefícios expressivos na produtividade e consumo, chegando a aproximadamente 75% de ganho em relação ao pulverizador costal manual em sua utilização original. Assim como o bem-estar do operador, devido o protótipo reduzir o risco de lombalgia e otimizar o tempo do operador em suas rotinas inerentes à atividade.

Palavras-chave: Pulverizador, mecanização, ergonomia.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 – Equipamento de pulverização utilizado antes de 1868	20
Figura 2 – Sistemas de irrigação: (A) gravitacional, (B) aspersão, (C) localizado.....	20
Figura 3 – Aplicação aérea.....	21
Figura 4 – Pulverizador por tração animal.....	22
Figura 5 – Pulverizador tratorizado	22
Figura 6 – Pulverizador de Tração Humana - Carrinho Pulverizador Manual PR-20	22
Figura 7 – Transmissão por correntes e engrenagens.....	23
Figura 8 – Sistema biela-manivela	24
Figura 9 – Pulverizador costal motorizado: ilustração do equipamento.	24
Figura 10 – Pulverizador costal manual: ilustração do equipamento.	25
Figura 11 – Demonstrativo da distribuição de peso.	28
Figura 12– Pulverizador base de pesquisa utilizado por Vilela	29
Figura 13 - Plantadeira manual marca Krupp ref.103.....	30
Figura 14 - Semeadora/plantadeira criada e desenvolvida por Schulz	30
Figura 15 - Pulverizador utilizado no experimento de França	32
Figura 16 – Pivô de rotação	37
Figura 17 – Teste operacional do carrinho Knapik	43
Figura 18 – Esboço do protótipo.	44
Figura 19 – Kit Triciclo Dream Bike.	45
Figura 20 – Demonstrativo da distribuição de força	46
Figura 21 – Eixo com engrenagem movida e manivela do sistema biela-manivela. .	48
Figura 22 – Pontos de fixação na manivela	48
Figura 23 – Demonstrativo do Deslocamento Máximo.....	49
Figura 24 – Sistema de embreagem do carrinho Knapik	50
Figura 25 – Distância de aplicação	50
Figura 26 – Bico pulverizador utilizado no protótipo.....	51
Figura 27 – Estrutura do kit triciclo sem as hastes.....	52
Figura 28 – Suporte do pulverizador	53
Figura 29 – Máquina de solda.....	53
Figura 30 – Suporte fixado à estrutura do kit triciclo	54
Figura 31 – Estrutura com o pulverizador acomodado e preso na estrutura.....	54
Figura 32 – Suporte para o mancal do eixo do sistema biela-manivela	55

Figura 33 – Sistema de transmissão de movimento montado.....	55
Figura 34 – Adaptação da engrenagem de 46 dentes ao diferencial	56
Figura 35 – Rasgo do suporte do mancal	56
Figura 36 – Alça de tração acoplada ao protótipo	57
Figura 37 – Suporte da barra de pulverização	58
Figura 38 – Bicos dispostos na barra de pulverização	58
Figura 39 – Gatilho de acionamento do pulverizador costal manual acoplado ao sistema da barra de pulverização.....	59
Figura 40 – Esqueleto do protetor de deriva	60
Figura 41 – Esqueleto do protetor de deriva envolvido com a borracha protetora	60
Figura 42 – Protótipo montado	61
Figura 43 - Gráfico das avaliações de dores ou desconforto nos membros.....	61
Figura 44 – Teste operacional.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparativo entre o pulverizador costal manual e o protótipo.....	64
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

cm – centímetro

Cte – Constante

d – Deslocamento do pistão

Ed. – Edição

Et al. – *at alli* (e outros)

F – força

f – folhas

g – gravidade

Kg – quilograma

Kg/cm² - quilograma por centímetro quadrado

Km/h – quilômetro por hora

L – litro

L/s – Litros por segundo

m – metro

m² - metros quadrados

min – minuto

ml – mililitros

mm – milímetro

m/s² - metros por segundo ao quadrado

n. – número

p. – página

Sen - seno

v. - volume

LISTA DE SIGLAS

ANDEF – Associação Nacional de Defesa Vegetal
CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CPT – Centro de Produções Técnicas
DORTs – Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ES – Espírito Santo
FAO – Food and Agriculture Organization of The United Nations (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)
IEA - International Ergonomics Association
LER – Lesões por Esforço Repetitivo
LTC – Lesões por Traumas Cumulativos
MG – Minas Gerais
N – Newton
NR – Norma Regulamentadora
PIB – Produto Interno Bruto
PVC – Policloreto de vinila
PU – Poliuretano
Rpm – Rotações por minuto
SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	AGRICULTURA	18
3.2	PULVERIZAÇÃO	18
3.3	TIPOS DE PULVERIZADORES	19
3.3.1	Pulverizadores Tracionados	21
3.3.1.1	Carrinho Pulverizador Manual PR-20	23
3.3.2	Pulverizadores Costais Motorizados	24
3.3.3	Pulverizadores Costais Manuais	24
3.4	ERGONOMIA	25
3.4.1	Ergonomia no uso do pulverizador costal manual	26
3.5	TRABALHOS RELACIONADOS	28
4	METODOLOGIA	33
4.1	PULVERIZADOR COSTAL MANUAL	33
4.2	DESIGN DO PROTÓTIPO	34
4.3	ESTRUTURA	34
4.4	TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO	35
4.4.1	Sistema de diferencial	37
4.5	BARRA DE PULVERIZAÇÃO	38
4.5.1	BICOS PULVERIZADORES	38
4.6	CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	39
4.7	TESTES E COMPARATIVOS	39
4.7.1	Teste ergonômico	39
4.7.1.1	Questionário sobre o perfil do operador	40
4.7.1.2	Avaliação do risco de lombalgia	40
4.7.2	Teste Operacional	41
4.7.3	Teste de produtividade	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
5.1	ESCOLHA DO PULVERIZADOR COSTAL MANUAL	42

5.2	DESIGN DO PROTÓTIPO	42
5.3	ESTRUTURA.....	44
5.4	TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO.....	47
5.5	BARRA DE PULVERIZAÇÃO.....	50
5.6	CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO.....	52
5.7	TESTES ERGONÔMICOS	61
5.7.1	Teste operacional	62
5.7.2	Teste de produtividade	63
6	CONCLUSÃO.....	64
7	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	61
	REFERÊNCIAS	66
	ANEXOS	71

1 INTRODUÇÃO

A agropecuária é um setor econômico que influencia de forma muito significativa no desenvolvimento do Brasil, pois este é um setor que gera empregos para 20% da população ativa e 44% das exportações são de produtos agropecuários, além de representar 23% do PIB - Produto Interno Brasileiro (CEPEA, 2018).

Apesar do Brasil possuir ótimas condições para a produção agrícola, tanto climáticas quanto geográficas, segundo dados da EMBRAPA (2013) para se obter uma boa produtividade em diversas culturas agrícolas, tem-se a necessidade da utilização de defensivos, com o intuito de deter algumas pragas que dizimam certos cultivos. O pulverizador costal de acionamento por alavanca manual, item base deste trabalho, é um equipamento predominantemente usado na agricultura familiar para aplicação de produtos fitossanitários, auxiliando na boa produtividade.

Contudo, o peso e a forma de utilização do pulverizador costal podem proporcionar graves problemas ergonômicos ao trabalhador, conforme comprova o estudo de FREITAS (2006) com operadores desse tipo de pulverizador, que verificou que 45% dos trabalhadores avaliados relatavam dores no pescoço enquanto que 81% dos funcionários sentiam dor e desconforto no braço direito. Além disso, para SOUZA *et al.* (2010) os trabalhadores quando utilizam pulverizador costal estão sujeitos a fadiga e a desenvolver problemas osteomusculares.

Conforme afirma Steinke (2011) a Agricultura Familiar consolida-se na geração de renda no campo levando o trabalhador a se adaptar e conformar à estrutura física imposta pelas diferentes culturas, esquecendo-se dos limites físicos do corpo humano e as consequências advindas dos esforços repetitivos.

Especialistas na área de segurança do trabalho afirmam que “a ergonomia é um dos principais itens derivados da saúde e segurança do trabalho e, que além de sua amplitude já adquirida, tem ganhado cada vez mais espaço no universo da relação homem-trabalho” (STEINKE, 2011). Com isso, desenvolveu-se no presente trabalho um equipamento que auxilia os trabalhadores do campo na utilização do pulverizador, com o objetivo de melhorar o bem-estar dos trabalhadores e aumentar a produção, levando em consideração que a perda de produtividade oriunda das condições físicas dos trabalhadores poderá ser amenizada devido à redução dos esforços cotidianos, levando-os a uma jornada de trabalho menos cansativa e, consequentemente, mais produtiva.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Construir um protótipo para pulverização de defensivos agrícolas, com sistema de bombeamento acionado por rodas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir o design do protótipo para acomodar o pulverizador costal manual;
- Desenhar o protótipo;
- Dimensionar a estrutura para suportar o pulverizador costal manual;
- Determinar os elementos mecânicos e mecanismos para acionamento do pulverizador costal manual;
- Construir o protótipo;
- Testar o protótipo;
- Realizar comparativo técnico e ergonômico entre o protótipo e o pulverizador costal manual.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 AGRICULTURA

Conforme definido por Barros, a agricultura é a “artificialização pelo homem do meio natural, com o fim de o tornar mais apto ao desenvolvimento de espécies vegetais e animais, elas próprias melhoradas” (BARROS, 1974).

A agricultura pode ser considerada como a união de técnicas aplicadas no solo para o cultivo de vegetais destinados à alimentação humana e animal, produção de matérias-primas e ornamentação. É uma atividade produtiva de grande importância para o homem, pois é responsável por boa parte dos alimentos que chegam à mesa da população. Existem três fatores ligados à produção agrícola: o físico, como o solo e o clima; o fator humano, que corresponde à mão de obra em seu desenvolvimento; e o fator econômico, que se refere ao valor da terra e o nível de tecnologias aplicadas na produção. (FREITAS, 2006).

O fator humano está ligado diretamente com a força de trabalho empregada no plantio, nos cuidados e na colheita. Assim, quanto mais mecanizada e desenvolvida for a propriedade, menor será a necessidade da força física exercida pela mão de obra no decorrer das atividades.

A atividade do setor agrícola é uma das mais importantes da economia brasileira, pois, embora componha pouco mais de 5% do PIB brasileiro na atualidade, é responsável por quase US\$ 85 bilhões em volume de exportações em conjunto com a pecuária. (CEPEA, 2016).

3.2 PULVERIZAÇÃO

Conforme debatido no sexto Congresso Brasileiro de Defensivos Agrícolas Naturais (2013), com toda a atual necessidade de aumentar a produtividade dos alimentos não perdendo a qualidade do produto final, o sistema agrícola nacional é altamente dependente de insumos externos às propriedades, tais como os agrotóxicos, inseticidas e pesticidas. Segundo dados da FAO (2016) perdas anuais de produção causadas por insetos, ervas daninhas e doenças estão estimadas entre 20 a 40%. Com isso a utilização de defensivos agrícolas vem se tornando uma prática comum

na redução e controle dessas perdas na maioria das culturas, representando parte significativa nos custos de produção, sejam elas em pequenas, médias ou grandes propriedades rurais. Portanto, são de interesse para os agricultores, a máxima efetividade e custos mínimos na aplicação destes produtos (FRANÇA *et al.*, 2015).

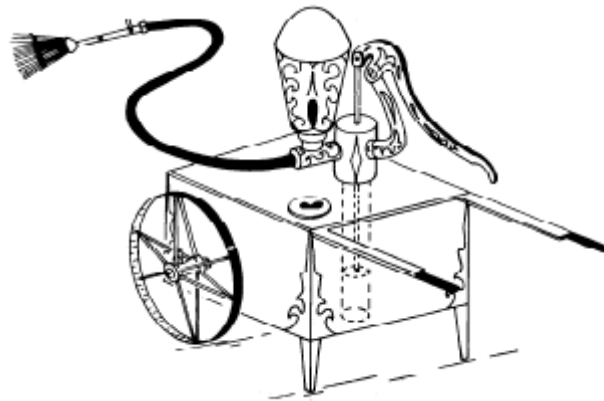
A forma mais fácil de utilização desses insumos é a pulverização, que consiste no processo físico-mecânico de transformação de uma substância líquida em partículas ou gotas (HOUAISS, 2009). Sendo que o pulverizador costal de acionamento por alavanca manual é o mais utilizado e comumente disponível na maioria das propriedades (RUAS, 2010) devido ser considerado um equipamento versátil, de fácil manuseio e aquisição, dinâmico e de baixo custo que pode ser utilizado nos diferentes tipos de paisagens (MASSOCO, 2016). No entanto, a eficiência do trabalho de pulverização manual pode ser afetada também pelas condições de saúde do operador, pois a atividade demanda de considerável gasto energético do operador (SASAKI *et al.*, 2014).

Para que o processo de pulverização seja realizado com segurança e eficácia são utilizados os pulverizadores, que atuam na fragmentação do líquido em gotas. Sendo que, a escolha do pulverizador adequado depende do trabalho a ser realizado e do tamanho da propriedade (TEIXEIRA, 2017).

3.3 TIPOS DE PULVERIZADORES

Antes de 1868, a pulverização era feita de maneira muito arcaica, com técnicas que consistiam em esfregar ou lavar as plantas com panos ou escovas embebidos em uma mistura “tóxica”. Sendo que, em algumas propriedades mais desenvolvidas, para aumentar a velocidade e uniformidade, era utilizado regadores. Foi nesse período, portanto, que começou a se pensar no desenvolvimento de novos equipamentos que auxiliassem na aplicação. Primeiramente, foi desenvolvido um equipamento contendo um tanque sobre rodas para facilitar a locomoção, uma “seringa” (bico) para esguichar o líquido sobre as plantas e uma válvula que permitia o bombeamento intermitente do líquido, conforme mostra a Figura 1 (EMBRAPA, 1999).

Figura 1 – Equipamento de pulverização utilizado antes de 1868

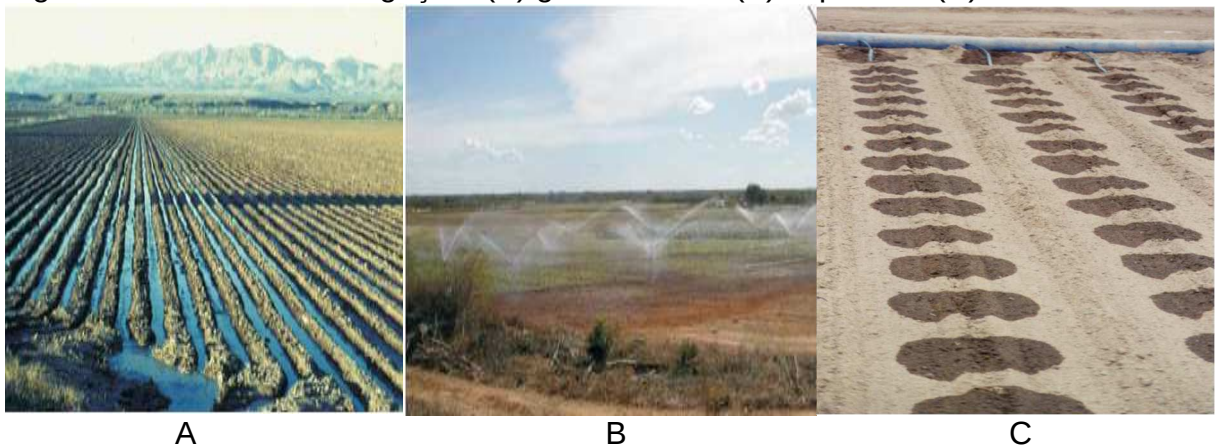


Fonte: EMBRAPA (1999).

A partir de então, foram se desenvolvendo os equipamentos e técnicas de aplicação, até chegar nas formas atuais, que se dividem em quimigação, aplicação aérea e aplicação terrestre.

Quimigação: A quimigação é o processo de aplicar produtos químicos (fertilizantes, inseticidas, fungicidas, herbicidas ou nematicidas) por meio de sistema de irrigação (EMBRAPA, 2002), conforme mostrado nas Figuras 2A, 2B e 2C. Esse processo consiste em introduzir uma solução no interior da tubulação e desta enviar para o ponto extremo de distribuição, que pode ser gravitacional - quando a distribuição da água se dá por gravidade através sulcos abertos no solo, aspersão - quando jatos de água são lançados ao ar e caem sobre a cultura na forma de chuva, ou localizado – quando a água é aplicada de forma pontual na superfície do solo

Figura 2 – Sistemas de irrigação: (A) gravitacional, (B) aspersão, (C) localizado



Fonte: EMBRAPA (2006)

Aplicação aérea: São aquelas feitas de forma aérea, com o auxílio de um avião, projetado para essa finalidade. Esse tipo de pulverização se dá quando se dispõe de uma enorme área cultivada com necessidade de combater um agente diminuto (EMBRAPA, 2013). A Figura 3 demonstra claramente.

Figura 3 – Aplicação aérea



Fonte
: REVISTA GALILEU (2017)

Aplicação Terrestre: Esse tipo de pulverização é constituída por um depósito de material não corrosivo, uma barra onde estão localizados os bicos de pulverização, e uma bomba responsável por conduzir a calda do depósito até os bicos pulverizadores, sob pressão, para ser aplicado com eficiência na cultura (CPT, 2015). A aplicação terrestre é a mais conceituada na pulverização e comumente utilizada em nossa região, devido as dimensões das propriedades locais. Esta, por sua vez, pode ser feita por três diferentes formas: pulverizadores tracionados; pulverizadores costais motorizados e pulverizadores costais manuais.

3.3.1 Pulverizadores Tracionados

São os casos onde o operador não pratica o ato da pulverização em si, apenas acompanha o processo, afim de garantir a eficiência. A tração pode ser feita por tratores ou animais. No caso do uso animal, há necessidade de um motor estacionário que faça funcionar a bomba e o ventilador. Por outro lado, caso a tração seja realizada por tratores, é recomendável que o acionamento seja feito pela tomada de força, para se evitar gastos com dois motores: o do trator e do pulverizador (CPT, 2015). As Figuras 4, 5 e 6, ilustram respectivamente: um

pulverizador por tração animal, um pulverizador tratorizado e um pulverizador de tração humana.

Figura 4 – Pulverizador por tração animal



Fonte: MONTE VERDE AGRÍCOLA

Figura 5 – Pulverizador tratorizado



Fonte: CARTILHA CPT – PULVERIZADORES

Figura 6 – Pulverizador de Tração Humana - Carrinho Pulverizador Manual PR-20



Fonte: KNAPIK (2017).

3.3.1.1 Carrinho Pulverizador Manual PR-20

Durante as pesquisas realizadas, visando encontrar no mercado um pulverizador ergonômico, para ser utilizado como referência para este projeto, encontrou-se na Knapik - indústria mecânica de máquinas agrícolas, que fabrica e vende equipamentos destinados à Agricultura Familiar - o Carrinho Pulverizador Manual PR-20, demonstrado anteriormente na figura 6, projetado para acomodar um pulverizador costal manual da marca Jacto, modelo PJH 20 litros. Este equipamento retira do operador o peso de carregar o equipamento nas costas e o esforço de bombear o tanque (KNAPIK, 2017).

O seu funcionamento é dado através da tração humana, que ao tracionar o equipamento, a roda gira e esse movimento de giro (rotação) é transferido e transformado em um movimento retilíneo, responsável pelo deslocamento do pistão da bomba gerando a pulverização.

Isso ocorre através de um sistema de transmissão por correntes e engrenagens, que é responsável em transferir a rotação da roda para um sistema de biela-manivela, que por sua vez desloca verticalmente o pistão da bomba do pulverizador, como mostram as Figuras 7 e 8.

Figura 7 – Transmissão por correntes e engrenagens



Fonte: Knapik, 2017

Figura 8 – Sistema biela-manivela



Fonte: Knapik, 2017

3.3.2 Pulverizadores Costais Motorizados

Nesse tipo de pulverizador o depósito fica apostado nas costas do operador e a bomba, neste caso, é acionada por um motor estacionário na parte inferior do pulverizador, conforme mostra a Figura 9.

Figura 9 – Pulverizador costal motorizado: ilustração do equipamento.



Fonte: CATÁLOGO DE PRODUTOS STIHL.

3.3.3 Pulverizadores Costais Manuais

São os pulverizadores mais indicados para culturas em pequenas áreas (SILVEIRA, 1989). São assim denominados por gerarem pressão de líquido dentro de uma câmara através de bombeamento ou ação de uma alavanca externa ao pulverizador. Exige que o aplicador bombeie uma alavanca, apoiada com a mão esquerda,

elevando a pressão interna da bomba para permitir a expulsão da calda através da lança de aplicação segurada pela mão direita, direcionada para o local a ser atingido, além de uma caminhada constante com o pulverizador em suas costas (FREITAS, 2006). A figura 10 mostra um pulverizador costal manual.

Figura 10 – Pulverizador costal manual: ilustração do equipamento.



Fonte: MANUAL DE TREINAMENTOS JACTO.

No entanto, para Freitas (2006) a aplicação de defensivos com o pulverizador costal manual está entre as atividades que mais oferecem riscos de lesão e posturas inadequadas durante o processo. Segundo Lopes *et al.* (2011), esse equipamento apesar do baixo custo, possui desvantagens como ser carregado e acionado manualmente, ficando sujeitos a variação de pressão de trabalho e a redução da capacidade operacional.

3.4 ERGONOMIA

Segundo Iida 2000, *apud* International Ergonomics Association – IEA (2016) a ergonomia é a “disciplina científica que estuda as interações entre os seres humanos e outros elementos de trabalho [...] a fim de realizar projetos para otimizar o bem-estar humano e o desempenho geral desse sistema”.

Segundo Freitas (2006), ela está diretamente relacionada com a organização do trabalho, passando a ser objeto de estudo de proteção a vida e a dignidade do

homem diante da necessidade de auto adaptação ao trabalho em decorrência das crescentes mudanças.

Segundo Dul (2004) a ergonomia é a “ciência aplicada ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, com o objetivo de melhorar a segurança, saúde, conforto e eficiência no trabalho”. Moraes (2000), defini ainda a ergonomia como ciência de utilização das forças e das capacidades humanas.

Analisando a Norma Regulamentadora NR 17 (2007), que trata os assuntos relacionados à ergonomia, visando proporcionar o máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente durante a atividade, existe a necessidade por parte do empregador de avaliar a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, isto é, fazer a análise ergonômica do trabalho, porém nota-se que isso não é realizado na maioria das propriedades rurais, assim como há falta de treinamentos ou instruções satisfatórias conforme descreve a norma. Segundo essa norma, todos os equipamentos que compõem um posto de trabalho devem estar adequados às características dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado. Nas atividades que exijam sobrecarga muscular estática ou dinâmica do pescoço, ombros, dorso e membros superiores e inferiores, deve levar em consideração as repercussões sobre a saúde dos trabalhadores; devem ser incluídas pausas para descanso, mas infelizmente a maioria das propriedades agrícolas não seguem a norma, ao mesmo tempo que não há uma fiscalização para garantir o descrito na mesma.

3.4.1 Ergonomia no uso do pulverizador costal manual

A aplicação de agrotóxicos consiste em uma delicada operação agrícola, em que uma boa eficiência é de difícil obtenção, estando sujeita a provocar danos muitas vezes expressivos ao ambiente e, quase sempre, representando altos riscos aos operadores dos equipamentos (BARCELLOS *et al.*, 2006).

O pulverizador costal manual exerce grande sobrecarga na coluna e nos ombros e os movimentos repetitivos e excessivos levam a desconforto e dor nos músculos, juntas dos braços e punhos (SENAR, 2014). Sendo que de acordo com a Norma Regulamentadora NR17 “não deverá ser exigido nem admitido o transporte manual de cargas, por um trabalhador cujo peso seja suscetível de comprometer sua saúde ou sua segurança.”

No uso diário do pulverizador por um longo tempo, ele irá causar Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORTs). Segundo Hales e Bernand (1996) as DORTs são distúrbios dos tecidos moles e suas estruturas ao redor (Músculos, ligamentos, nervos e tendões), incluindo também as lesões por esforço repetitivo (LER) e lesões por traumas cumulativos (LTC). De acordo com dados do Instituto Nacional de Prevenção às LER/DORTs, estas são a segunda causa de afastamento do trabalho no Brasil e atingiu 3,5 milhões de trabalhadores no ano de 2013 (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2016). São causadas por esforço repetitivos onde não há pausas para descanso, má postura ao exercer uma determinada função, excesso de carga, ficar em uma mesma posição durante um longo período de tempo (FRANÇA *et al.*, 2015).

Segundo FRANÇA *et al.* (2015), visando aumentar a capacidade operacional e melhoria nas condições de trabalho, os pulverizadores costais manuais são normalmente substituídos por pulverizadores em que o transporte e acionamento são feitos por meio de tratores ou outro meio mecânico.

Diante dessa visão, o Carrinho Pulverizador Manual PR-20, da Knapik, se encaixa nesse grupo em que o transporte e acionamento são feitos por meio mecânico. No entanto, ao utilizar o equipamento para pulverização, foi identificado a necessidade de o operador exercer esforços significativos, devido a carga do pulverizador com o recipiente cheio estar distribuída entre o eixo da roda e a alça de tração, assim, a carga fica distribuída entre a roda e os membros superiores do operador como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Demonstrativo da distribuição de peso.



Fonte: KNAPIK (2017) (adaptado).

Além disso, é preciso equilibrar o equipamento para que o mesmo não venha a tombar para um dos lados, por conta deste possuir apenas uma roda como ponto de apoio junto a superfície terrestre.

3.5 TRABALHOS RELACIONADOS

Vilela (2005), realizou um estudo com o objetivo de avaliar e gerenciar os riscos à saúde dos trabalhadores que aplicam inseticidas para o controle de vetores, destacando-se a avaliação do ruído, calor e medidas de controle durante aplicação de inseticidas com pulverizador costal motorizado, visando a minimização dos riscos no trabalho.

Nos exames médicos realizados nesses trabalhadores, foram encontrados 50 casos de queixas de dores na região lombar — dorso — e cervicalgia intermitente. As patologias da coluna foram as principais causas de restrição médica ao trabalho, com 10 casos de hérnia de disco comprovados em exames complementares de imagem. Estes dados resultam do esforço físico, do carregamento de peso e da própria operação do equipamento costal.

O autor focou na redução da vibração obtida pelo balanceamento mecânico do equipamento, encontrando reduções importantes da vibração nos ombros dos operadores (de 26-38%).

Conclui-se que reestudos da forma de trabalho e de engenharia são necessários para redução de desgastes à saúde decorrentes da atividade e da concepção do equipamento.

A figura 12 demonstra o posicionamento do pulverizador costal base dos estudos apresentados por Vilela e os aparatos de proteção para a realização da pulverização.

Figura 12– Pulverizador base de pesquisa utilizado por Vilela



Fonte: Vilela 2005

Schulz (2010), realizou um trabalho que contempla o projeto e a construção do protótipo de uma semeadora-adubadora de uma linha para agricultura familiar.

Observou-se a necessidade de desenvolver um equipamento que se adequasse às características de um pequeno produtor, adequando-se ao baixo nível de mecanização da agricultura familiar, substituindo o sistema de plantio manual, lento e desgastante por um plantio mecanizado e mais eficiente, tornando mais prática e menos cansativas algumas atividades, e levando em conta o poder aquisitivo do pequeno produtor.

As figuras 13 e 14 demonstram os as semeadora/plantadeiras manuais e criada pelo Schulz, respectivamente.

Figura 13 - Plantadeira manual marca Krupp ref.103



Fonte: Schulz 2010

Figura 14 - Semeadora/plantadeira criada e desenvolvida por Schulz



Fonte: Schulz (2010)

No desenvolvimento, Schulz também considerou a estrutura da pequena propriedade, e a praticidade na utilização e manutenção do equipamento. Diante disto foi proposto a utilização do maior número possível de componentes padronizados utilizados por várias empresas fabricantes de implementos agrícolas, com o intuito de reduzir o custo da aquisição.

Como resultado do estudo de Schultz (2010), a realização dos testes preliminares se observou detalhes importantes relativos ao seu desempenho, porém em condições adequadas se obteve o comportamento esperado.

Gonçalves, Gouveia e Barros selecionaram o pulverizador Jacto Costal XP de 20 L, no qual foi detectado problemas no manuseio, tendo como objetivo analisar seus materiais, tamanhos e pegas, no intuito de correções projetais do mesmo.

De acordo com a análise dos mesmos, concluíram que o uso diário do pulverizador por um longo tempo ele irá causar DORTs, incluindo também a LER e LTC. São causadas por esforço repetitivos onde não há pausas para descaço, má postura ao exercer uma determinada função, excesso de carga, ficar em uma mesma posição durante um longo período de tempo.

Através da análise visual percebeu-se que ao utilizar o pulverizador, no período de 8 horas diárias o funcionário sofre lesões ocasionadas pela falta de proteção, não existente na máquina. Com relação ao peso em conjunto com o material usado nas alças que proporcionam o transporte do equipamento que não é adequado, causando lesão por abrasão. Se tratando da pega, por a mesma não ser adequada causando desvio ulnar – nervo que percorre as proximidades do osso ulna (MEDSCAPE, 2017). Quanto ao contato do produto com as costas, por não ter proteção também causa lesão por abrasão. Ao exercer pressão e movimento repetitivo ao acionar a alavanca, pode gerar problemas como epicondilite e bursite.

Tendo em vista os problemas estudados quanto ao pulverizador as principais mudanças no produto foram as trocas de materiais pesados por material mais leve, e inclusão de produtos que amortecem o impacto do peso do pulverizador nas costas e nos ombros dos usuários como também o angulo e o material da pega.

Foi identificado que o pulverizador de 20 litros deverá passar por alterações no tamanho de algumas partes do produto como o aumento e mudança do formato da alavanca, e inserindo uma cinta proporcionando maior coerência entre o objeto e o tronco do trabalhador.

França *et al.* (2015) realizaram o trabalho, onde desenvolveram um pulverizador constando um chassi metálico retangular, dois tanques de pulverizadores costais com capacidade para 20 Litros cada, caixa de redução, conjunto de engrenagens e sistema de manivela biela para acionamento do mecanismo de pressurização dos pulverizadores. Utilizaram barras de pulverização com comprimento de seis metros, dividindo em três secções, de modo que a central ficou fixa ao chassi do trator usado e as laterais foram colocadas na posição vertical. Objetivou-se o desenvolvimento de pulverizador hidráulico de barras rígidas horizontais e avaliar a uniformidade de vazão de bicos de pulverização ao longo das barras.

O sistema de bombeamento da calda feito a partir da potência disponível na tomada de potência do trator, acionando uma caixa de redução acoplada ao chassi ligando um eixo com uma corrente, a qual acionava as engrenagens acopladas ao eixo que possui sistema de manivela biela nas duas extremidades. Este sistema transformava o movimento circular na tomada de potência do trator em movimento alternado para acionamento dos tanques pulverizadores costais.

Conclui-se que com o aumento da rotação do trator de 540 para 750 rpm, verificou-se o aumento da vazão dos bicos de pulverização. O pulverizador apresentou resistência mecânica satisfatória durante a realização do experimento. O sistema de manivela biela proporcionou o acionamento dos tanques dos pulverizadores de forma eficiente.

A figura 15 mostra o projeto de França *et al.*

Figura 15 - Pulverizador utilizado no experimento de França



Fonte: França *et al.* (2015)

4 METODOLOGIA

Com o intuito de amenizar os impactos ergonômicos e o desconforto promovido ao operador, neste capítulo apresenta-se o método para o desenvolvimento de um equipamento de tração humana, capaz de suportar e acionar mecanicamente um pulverizador costal manual com pulverização através de barra.

A mecanização para o funcionamento deste equipamento, terá base nos trabalhos relacionados já mencionados na seção 3.5 desta pesquisa, e principalmente na mecanização utilizada para o funcionamento do equipamento da Knapik.

Com o intuito de reduzir o preço de aquisição e facilitar a reposição de peças, é proposto a utilização do maior número possível de componentes padronizados encontrados no mercado, não sendo necessária à fabricação complexa de alguns componentes.

4.1 PULVERIZADOR COSTAL MANUAL

Como o item base deste projeto é o pulverizador costal manual será preciso definir qual modelo utilizar, ressaltando a existência de diversos fabricantes deste produto proporcionando uma grande variação de marcas e modelos.

Para a seleção do pulverizador costal manual, será realizada uma pesquisa de mercado consultando casas agrícolas, com o intuito de verificar qual é o modelo mais comprado pelos agricultores, conforme demonstrado no Anexo 1.

Com o modelo definido será preciso identificar suas principais características, tais como:

- Dimensões;
- Peso (recipiente cheio);
- Deslocamento do pistão;
- Pressão de trabalho.

Para identifica-las, serão consultados catálogos ou manuais do fabricante. Caso, após a consulta não sejam identificadas todas as características descritas acima, serão realizados métodos práticos. Para identificar as dimensões e o deslocamento do pistão será utilizado um paquímetro, para identificar o peso será utilizada uma balança, para identificar a pressão de trabalho será utilizado um manômetro; com todos os instrumentos aferidos.

4.2 DESIGN DO PROTÓTIPO

Para elaboração do design do protótipo será utilizado o software de projetos 3D CAD Solidworks. O ponto de partida foi o carrinho pulverizador manual Knapik PR 20, já conhecido por um membro do grupo por ser um equipamento muito citado pelos agricultores da Associação de Produtores de Cachoeiro do Riacho, pelos seus pontos positivos e negativos – ligados a ergonomia. Buscando identificar eventuais desvios, será realizado um teste operacional com o mesmo carrinho, em busca de confirmar os desafios citados pelos usuários, questionando o operador sobre as dificuldades encontradas.

Com o intuito de saná-los, já na fase do desenho será analisado - através das ferramentas do software - quanto ao equilíbrio do equipamento, que envolve a quantidade de rodas e a distribuição do peso do pulverizador. Além disso, será adicionada ao protótipo uma alça de tração, onde ocorrerá o estudo da posição ideal, objetivando-se reduzir o contato do operador com o produto pulverizado. Para deslocamento, será fabricado uma barra de tração. Será utilizado como referência os carrinhos de compras, devido serem fabricados mediante estudos que visam melhor conforto e bem-estar aos usuários, quanto a movimentação.

4.3 ESTRUTURA

Com base no design definido, a estrutura ficará sobre o eixo, com a função de suportar o pulverizador costal manual com o recipiente cheio, portanto será preciso realizar o estudo das forças atuantes devido as cargas exercidas.

Será utilizado a Equação 1 para o cálculo da força peso que o pulverizador com o recipiente cheio irá exercer na estrutura, as Equações 2 e 3, para análise de carga estática para as reações de equilíbrio e a Equação 4 para confirmar que a estrutura suporta a solicitação de carga. Para encontrar a equação do momento fletor, é necessário fazer o balanço do momento em cada seção (que vão de 00 até xx metros) utiliza-se a Equação 5. Todas as equações foram demonstradas por Hibbeler (2010). Sendo adotado “X” como o sentido paralelo ao eixo, e “Y” como o sentido perpendicular ao eixo.

$$F = m \cdot g \quad (1)$$

$$\sum F_x = 0 \quad (2)$$

$$\sum F_y = 0 \quad (3)$$

$$\delta m_{\acute{a}x} = \frac{M \cdot c}{I} \quad (4)$$

$$\sum F_y(x - x_{\text{carga}}) + \sum M + M(x) = 0 \quad (5)$$

Sendo:

F = Força peso atuante no eixo do equipamento (N).

m = massa do recipiente cheio (Kg).

g = aceleração da gravidade (m/s^2).

$\sum F_x$ = Somatório das forças em X (N).

$\sum F_y$ = Somatório das forças em Y (N).

$\sum M$ = Somatório dos momentos (N.m).

$\delta m_{\acute{a}x}$ = tensão máxima atuante no eixo (Mpa).

M = momento máximo (N.m).

c = raio do eixo (m).

I = momento polar de Inércia ($kg \cdot m^2$).

$M(x)$ = momento fletor na posição x

Com a estrutura pronta e o pulverizador acomodado, o próximo passo será determinar o método para definir o sistema de transmissão de movimento necessário para realizar o bombeamento.

4.4 TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO

Para que ocorra a pulverização, será necessário selecionar uma transmissão mecânica de movimento capaz de transformar a velocidade linear de tração em deslocamento vertical do pistão da bomba do pulverizador costal manual que será selecionado.

Portanto, será avaliado o sistema de transmissão de movimento utilizado no equipamento Carrinho Pulverizador Manual PR-20, fabricado pela Knapik, por ser um produto de melhor disponibilidade no mercado, além do fabricante fornecer os

componentes separadamente, facilitando uma possível reposição de peças caso necessário. Este consiste em um sistema de transmissão por correntes e um sistema de transmissão por biela-manivela, e será identificado se este deslocamento se assemelhará ao deslocamento do pistão do pulverizador quando acionado manualmente.

Contudo, para verificar a semelhança desses deslocamentos será utilizada a equação 6 para validar o deslocamento do pistão utilizando o sistema biela-manivela neste equipamento e comparar com o deslocamento acionado manualmente:

$$d = R + L - R \cdot \cos \theta - L \cdot \cos \varphi \quad (6)$$

Sendo:

d= Deslocamento do pistão

R = Comprimento da manivela

L = Comprimento da biela

θ =Ângulo da manivela em relação ao plano

φ = Ângulo da biela em relação ao plano

Desenvolvendo a equação 4, chegamos no seguinte resultado:

$$\begin{aligned} d &= R + L - R \cos \theta - L \cos \varphi = \\ &= R(1 - \cos \theta) + L(1 - \cos \varphi) = \\ &= R(1 - \cos \theta) + L \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{R}{L} \right)^2 \sin^2 \theta} \right] \end{aligned}$$

Obtemos melhor disposição com o desenvolvimento em série:

$$(1 \pm B^2)^{1/2} = 1 \pm \frac{1}{2}B^2 - \frac{B^4}{2 \cdot 4} \pm \frac{1 \cdot 3 \cdot B^6}{2 \cdot 4 \cdot 6} - \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot B^8}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8} \pm \dots \text{onde } B = \frac{R}{L} \sin \theta.$$

A precisão é progressiva ao elegermos cada termo, sendo geralmente satisfatória a utilização dos dois primeiros:

$$\sqrt{1 - \left(\frac{R}{L}\right)^2 \sin^2 \theta} = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{R}{L}\right)^2 \sin^2 \theta$$

E, para $\omega t = \text{cte} = \theta$, chegamos à equação 7.

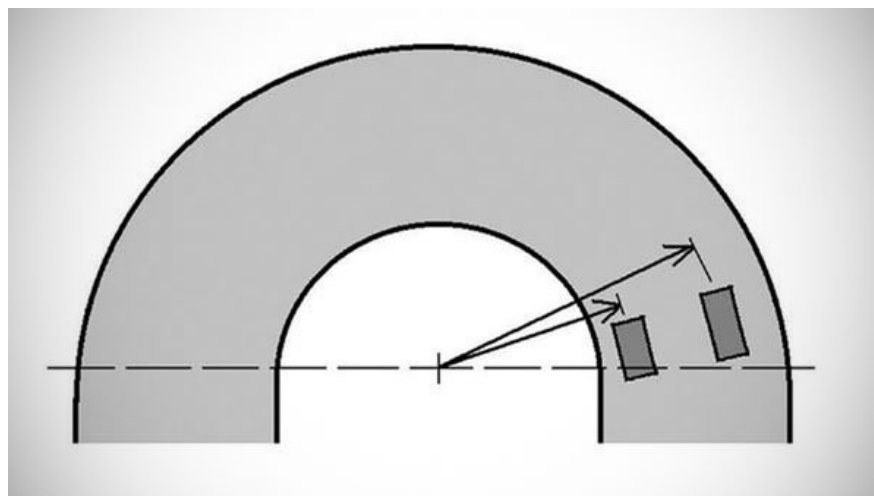
$$d = R(1 - \cos \theta) + \frac{R^3}{2L} \sin^2 \theta (7)$$

Toda o desenvolvimento da fórmula até chegar nesta última versão, foi retirado de Tavares & Pinto (2014) citando García, Ángel e Franco.

4.4.1 Sistema de diferencial

Como o sistema de bombeamento será acionado pelo movimento das rodas, será necessário a utilização de um sistema de diferencial, pois rodas montadas em um mesmo eixo, têm velocidades diferentes em curvas. Isso acontece porque quando o eixo é rotacionado, as rodas iniciam uma trajetória em forma de arco, cujo comprimento é determinado por seu raio. Como a roda externa está mais distante do ponto de pivô da rotação, o raio daquele arco será maior, aumentando assim seu comprimento. Conforme mostra a Figura 16.

Figura 16 – Pivô de rotação



Fonte: FLATOUT.

Para selecionar esse sistema de diferencial, será realizada uma pesquisa de modelos e fabricantes deste produto, afim de conhecer qual o melhor a ser aplicado no protótipo. A seleção será realizada de acordo com dimensões, peso e capacidade de carga.

4.5 BARRA DE PULVERIZAÇÃO

Segundo o manual de tecnologia de aplicação ANDEF (2004), a pulverização através de barras, é realizada por bicos pulverizadores que se encontram posicionados a distâncias uniformes em uma barra paralela ao solo. Essas barras devem possuir um sistema de ajuste da altura de trabalho, possibilitando a regulagem desta para os diversos estágios de desenvolvimento da cultura.

Para determinar as dimensões da barra de pulverização que será utilizada no protótipo, será levado em consideração a demanda de pulverização do agricultor Julio Cesar Rodrigues, membro deste grupo e residente de Córrego São Luiz, Guaraná, município de Aracruz, onde será necessário: avaliar a área a ser pulverizada, conhecer o produto a ser aplicado bem como a vazão de trabalho do protótipo, para assim definir o modelo e a quantidade de bicos pulverizadores, para que ocorra a total cobertura da área.

Para identificar a vazão de trabalho será utilizado um recipiente de um litro e cronômetro. Assim, o equipamento será acionado com o recipiente posicionado na saída do fluído e cronometrado o tempo necessário para enche-lo, resultando na vazão na unidade de medida em L/s.

4.5.1 BICOS PULVERIZADORES

Os bicos possuem a função de criar e dispersar gotas numa certa posição e com determinada disposição, gerando um padrão de pulverização. Esses determinam a quantidade de produto a ser aplicado e a distribuição do herbicida no alvo (ROSS, LEMBI 1985; RADOSEVICH, 1997).

A seleção do bico a ser utilizado será dada através da consulta aos catálogos de fabricantes, considerando: o rótulo do produto a ser utilizado, pois o fabricante informa o melhor modelo de acordo com o produto; a quantidade de bicos que será

definida de acordo com o comprimento da barra, o espaçamento entre bicos encontrado no catálogo de bicos.

Para esta seleção, será preciso conhecer a velocidade de aplicação, que é a mesma do caminhar do operador. Sendo assim, será realizado um estudo acadêmico para encontrar a velocidade média do caminhar de uma pessoa.

4.6 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Com a conclusão da fase de projeto, iniciará a fase de construção e montagem do protótipo, após a definição dos componentes, que se dará da seguinte forma:

- Materiais acessíveis no mercado;
- Materiais que o grupo já possui;
- Menor custo.

Iniciará a montagem dos componentes presentes no mecanismo do projeto, transformando todas as informações obtidas durante o processo de projeto em um protótipo físico-compreensivo.

4.7 TESTES E COMPARATIVOS

Os testes serão realizados na fazenda Córrego São Luiz, localizada em Cachoeiro do Riacho, Aracruz, ES, com o objetivo de comparar as condições em operação do mesmo em relação a operação do pulverizador costal manual.

Portanto, neste capítulo serão apresentados os métodos para os testes ergonômicos e de produtividade do protótipo.

4.7.1 Teste ergonômico

Para conhecer as condições físicas do operador após uma jornada de pulverização com o protótipo e o pulverizador costal manual, será aplicado um questionário semiestruturado com seis trabalhadores rurais.

4.7.1.1 Questionário sobre o perfil do operador

Segundo Fundacentro, 1978, os fatores intrínsecos ao trabalhador, como treinamento, perfil socioeconômico e condições física, junto com os fatores extrínsecos, como por exemplo, clima, relevo, equipamentos de proteção individual, qualidades dos equipamentos, dentre outros, apresentam-se como possíveis variáveis que influenciam a atividade. Baseado nisso, será realizado o seguinte questionário.

O questionário apresenta três partes:

1. Dados pessoais: para conhecer a idade e o gênero do operador, conforme Anexo 2;
2. Atividade de pulverização: contendo perguntas quanto ao tempo de atividade, horas de trabalho/dia e tanques/jornada, conforme Anexo 3;
3. Condições físicas após jornada de pulverização: a fim de conhecer os desconfortos e dores após a utilização do protótipo e o pulverizador costal manual, conforme Anexo 4.

4.7.1.2 Avaliação do risco de lombalgia

A lombalgia ocorre na parte inferior da coluna vertebral (coluna lombar). É uma condição muito comum que provoca dor no fundo das costas ou sacroilíacas da coluna, acompanhada ou não de dor que se irradia para as nádegas ou pernas na distribuição do nervo ciático (ALBUQUERQUE).

Para a avaliação do risco de lombalgia, dor na região lombar, ou seja, na região mais baixa da coluna perto da bacia, será realizado um checklist simplificado proposto por Couto (1995) citado e utilizado por Freitas (2006).

Este mecanismo é composto por 12 perguntas a respeito de características do trabalho. Para cada pergunta há uma combinação de respostas de SIM ou NÃO, onde é feito um somatório ao final das respostas, obtendo-se um número para identificar a probabilidade de risco de lombalgia. Esse somatório é interpretado da seguinte forma: de 0 a 3 pontos, altíssimo risco de lombalgia; de 4 a 5, alto risco; de 6 a 7, risco moderado; de 8 a 10, baixo risco; e de 11 a 12, baixíssimo risco, conforme demonstrado no anexo 5. Assim, poderemos verificar o grau de risco de

lombalgia que o protótipo pode ocasionar no operador comparado ao pulverizador costal manual.

Após os questionários preenchidos, será realizado a coleta de dados para produzir um gráfico, e assim comparar as condições físicas dos trabalhadores, para identificar qual o equipamento que oferece menos riscos ao operador.

4.7.2 Teste Operacional

O protótipo será testado em diversos tipos de desníveis de solo, com o intuito de avaliar as condições de operação e a pulverização, dessa maneira poderá ser determinado os tipos de terrenos ou desníveis em que ofereça as melhores condições de operação e aplicação.

4.7.3 Teste de produtividade

Esse teste consiste em determinar se o protótipo será mais produtivo que o pulverizador costal manual. Para isso será demarcada uma área equivalente a 560m² (referente à 7 carreiras da plantação de goiaba do produtor Julio Cesar Rodrigues), onde a mesma será pulverizada com o protótipo e com pulverizador costal manual, o tempo gasto por ambos será cronometrado, e assim poderemos determinar qual será mais produtivo. Salientando que ambos os testes serão realizados no mesmo dia para manter as mesmas condições, como de ambiente e clima, bem como o operador em ambos os testes será o mesmo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo reporta os resultados alcançados nesta pesquisa. Apresenta-se inicialmente uma avaliação de qual pulverizador costal manual será utilizado. Em seguida discute-se toda a montagem do protótipo, e por fim o perfil dos trabalhadores rurais avaliados, os riscos ergonômicos e a produtividade, associados a atividade.

5.1 ESCOLHA DO PULVERIZADOR COSTAL MANUAL

Foi realizada uma pesquisa de mercado onde foi consultado quatro fornecedores (casas agrícolas) afim de saber qual modelo de pulverizador costal manual é o mais vendido/utilizado pelos agricultores. O Anexo 1 mostra a relação dos modelos mais vendidos por cada fornecedor. Identificando assim, que o modelo de pulverizador costal manual mais utilizado pelos agricultores é o PJH do fabricante Jacto.

Segundo o manual do fabricante, demonstrado no Anexo 6, o modelo PJH tem um tanque com capacidade de 20 litros, sua bomba é do tipo pistão e sua pressão máxima de trabalho é de 6 kg/cm², seu peso é de 5Kg com o recipiente vazio e 25Kg com o recipiente cheio. Suas dimensões básicas foram adquiridas através de medição utilizando trena, são elas: comprimento de 375mm, largura de 185mm, altura de 510mm e curso do pistão de 85mm.

5.2 DESIGN DO PROTÓTIPO

Durante a realização do teste operacional do carrinho knapik foram identificados desafios de equilíbrio e peso. Foi verificado que devido ao peso do recipiente cheio estar somente sobre um ponto de apoio, o mesmo fica entre o braço do operador e a roda do equipamento, dificultando a movimentação e aumento o esforço do operador, causando dor no decorrer das atividades, principalmente em terrenos irregulares. Além disso, de acordo com os desníveis do solo – pelo fato de ter apenas uma roda – o peso desequilibra oscilando mais para a esquerda, ou mais para a direita, fazendo com que o operador tenha que movimentar os membros superiores afim de reequilibrar o equipamento. A figura 17 demonstra o carrinho Knapik em operação.

Figura 17 – Teste operacional do carrinho Knapik



Fonte: ACERVO PESSOAL

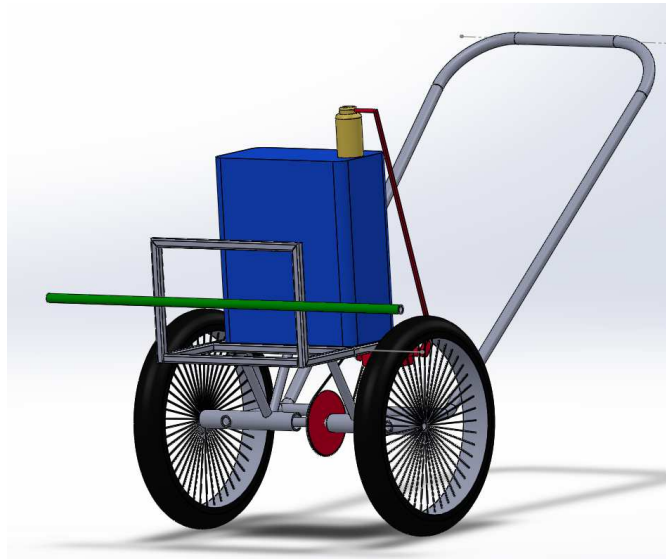
Para sanar esses desafios de equilíbrio e de demasiado esforço por parte do operador durante a movimentação, foi proposto para o design deste equipamento a utilização de duas rodas, de forma que o peso da bomba fique distribuído uniformemente sobre o eixo e o protótipo fique equilibrado no sentido perpendicular em relação ao solo quando estiver em operação, pois esse posicionamento foi o que melhor atendeu o intuito deste protótipo, proporcionando equilíbrio. Para o deslocamento/acionamento do equipamento será adicionado uma barra de tração

Ademais, tem-se o sistema de transmissão para acionar o pulverizador, sendo adotado o sistema de transmissão por correntes por apresentar vários benefícios quando comparado às correias, tais como: transmissão de força sem deslizamento, funcionamento seguro, possuem vida longa, bom rendimento, resistem bem à sobrecargas e um custo de manutenção reduzido, conforme afirma Sarkis Melconian (2013) e o sistema de transformação de movimento por biela-manivela, devido ser mesmo o utilizado no carrinho Knapik e um dos mecanismos mais marcantes da engenharia mecânica e provavelmente um dos mais utilizados devido à sua simplicidade e versatilidade, conforme afirmam Tavares & Pinto (2014). Além disso, afirmam que este mecanismo é utilizado como forma de transformação de

movimento de rotação em movimento linear ou vice-versa, que é o princípio básico deste projeto.

A partir disso, foi realizado o esboço do protótipo conforme apresentado na Figura 18, utilizando-se o software de projetos 3D CAD Solidworks.

Figura 18 – Esboço do protótipo.



Fonte: Imagem criada pelos autores no programa CAD Solid Work

5.3 ESTRUTURA

Utilizando da Equação 1 foi possível encontrar a força que o pulverizador com o recipiente cheio irá exercer na estrutura:

$$F = m.g$$

$$F = 25 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 245,25 \text{ N}$$

Para iniciar o dimensionamento da estrutura, foi levado em consideração os seguintes fatores:

- A estrutura deverá suportar 25 kg
- Possuir duas rodas
- Deverá acoplar um diferencial, conforme explicado no item 4.4.1

Ao realizar pesquisas na internet, foi encontrado o Kit Triciclo do Fabricante Dream Bike, um produto adaptável em qualquer bicicleta, transformando-a em um triciclo, com tração nas duas rodas, suportando capacidade de até 125 Kg de carga, somando a massa do usuário e chassi (DREAM BIKE, 2017). Diante da descoberta do kit triciclo demonstrado na figura 19, optou-se por utilizá-lo como base da estrutura do protótipo, uma vez que o equipamento possui um sistema de diferencial desenvolvido e patenteado pelo próprio fabricante e capaz de suportar a carga necessária.

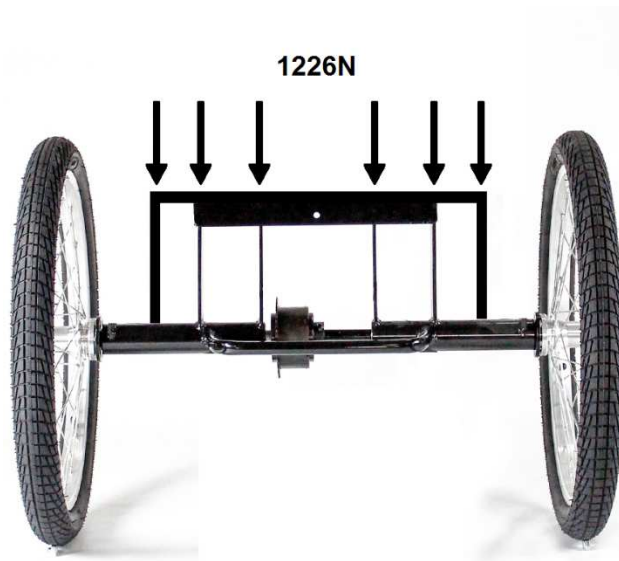
Figura 19 – Kit Triciclo Dream Bike.



Fonte: DREAM BIKE (2017)

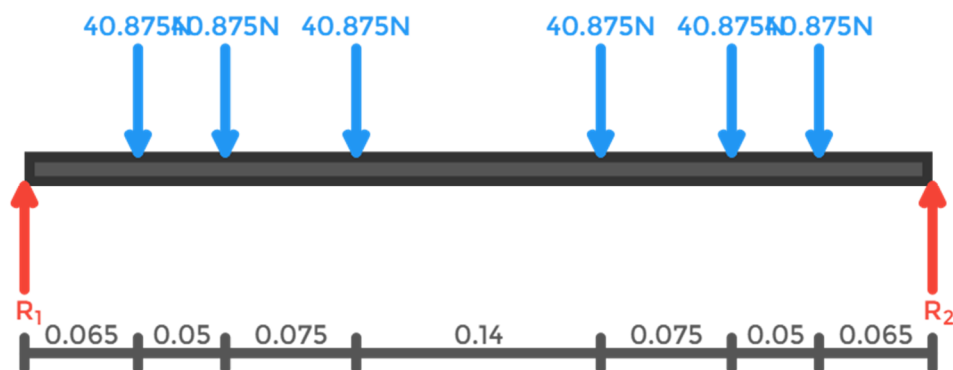
A Figura 20 demonstra a distribuição de carga sobre o Kit triciclo e a figura 21 demonstra o diagrama de corpo livre do protótipo.

Figura 20 – Demonstrativo da distribuição de força



Fonte: DREAM BIKE (2017) (Adaptado).

Figura 21 – Diagrama de corpo livre do protótipo



Fonte: Criado pelos autores

Conforme as equações 2 e 3, dos esforços cortantes, encontra-se a máxima força cortante de 122,625N, disposto no Anexo 7A. Esta força corresponde a máxima atuante na estrutura. O fabricante especifica que o seu equipamento suporte até 125 Kg, que utilizando a equação 1 encontra-se uma força de 1226,25 N a ser suportada pelo Kit triciclo, conforme demonstrado na equação abaixo. Entretanto, após as alterações feitas na estrutura do kit triciclo é preciso confirmar se a estrutura irá suportar. E para isso utilizou-se a equação 4, a fim de indentificar a máxima tensão atuante no eixo.

Utilizando novamente a equação 1 para identificar a força máxima suportada pelo Kit triciclo, adotando os dados informados pelo fabricante, temos:

$$F = m \cdot g$$

$$F = 125 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 1226,25 \text{ N}$$

Utilizando a equação 4 para identificar a tensão máxima suportada pelo Kit triciclo, temos:

$$\delta m_{\acute{a}x} = \frac{M \cdot c}{\pi \frac{R^4}{4}}$$

$$\delta m_{\acute{a}x} = 45,646 \text{ MPa}$$

O Anexo 7B mostra o memorial de cálculo do momento fletor.

Sendo assim, a estrutura suporta o esforço presente neste projeto, pois a tensão de escoamento aço carbono 1020, material de fabricação do eixo do kit triciclo, é aproximadamente 345 MPa. Dessa forma, a estrutura suporta com facilidade a carga proposta.

5.4 TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO

O sistema de transmissão de movimento do Carrinho Pulverizador Manual PR-20 utiliza, para transferir a velocidade angular do eixo das rodas para o eixo do sistema biela-manivela, um sistema de transmissão composto por corrente e engrenagens, onde a engrenagem motora possui 46 dentes sendo a mesma utilizada em bicicletas. Já a engrenagem movida possui 15 dentes e é fabricada pela Knapik junto à manivela do sistema biela-manivela acoplados por um eixo, como mostra a Figura 22. Além disso, o sistema de transmissão por correntes apresenta vários benefícios quando comparado às correias, tais como: transmissão de força sem deslizamento, funcionamento seguro, possuem vida longa, possuem bom rendimento, resistem bem à sobrecargas e possuem um custo de manutenção reduzido, conforme afirma Sarkis Melconian (2013). Portanto, foi utilizado o mesmo eixo e uma engrenagem de 46 dentes utilizada em bicicleta e o eixo com engrenagem fabricado pela Knapik, para que ocorra a transferência da velocidade.

Figura 22 – Eixo com engrenagem movida e manivela do sistema biela-manivela.



Fonte: KNAPIK (2017).

Para o deslocamento do pistão o Carrinho Pulverizador Manual PR-20 utiliza um sistema biela-manivela fabricado pela Knapik (2017), onde a manivela está acoplada à engrenagem movida, conforme mencionado anteriormente, e oferece vários pontos de fixação da biela viabilizando a possibilidade de ajuste do deslocamento do pistão, proporcionando diferentes pressões e vazões, conforme Figura 23:

Figura 23 – Pontos de fixação na manivela



Fonte: ACERVO PESSOAL.

Utilizando a Equação 7 foi possível encontrar o deslocamento do pistão na ocasião em que é acionado pelo mesmo sistema utilizado no equipamento Knapik.

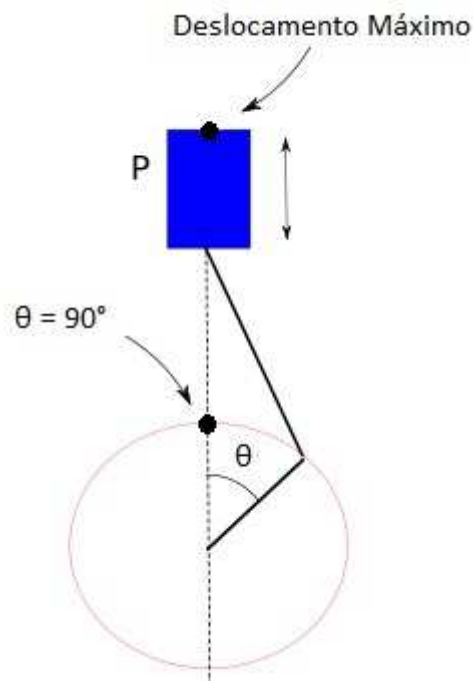
$$d = R(1 - \cos \theta) + \frac{R^3}{2L} \sin^2 \theta$$

$$d = 35(1 - \cos 90) + \frac{35^3}{2.610} \sin^2 90$$

$$d = 69,14 \text{ mm}$$

Para efeito de cálculo, foi utilizado como θ o valor de 90° , pois ao momento em que a manivela atinge o ponto de 90° (que pode ser caracterizado como ponto máximo superior) o pistão para de se movimentar atingindo o seu deslocamento máximo, conforme Figura 24:

Figura 24 – Demonstrativo do Deslocamento Máximo



Fonte: Elaborado pelos autores

Onde este proporcionou um deslocamento do pistão de 69,14 mm, e comparando ao deslocamento máximo do pistão que é de 85 mm, notou-se que esse sistema se mostrou eficaz, pois será capaz de realizar a pulverização de forma semelhante à forma utilizada manualmente com o pulverizador costal manual PJH Jacto, pois nessa condição o deslocamento do pistão é de 55 mm.

Além disso, o sistema biela-manivela da Knapik possui uma biela com sistema de embreagem, para que o equipamento possa ser deslocado sem que ocorra a pulverização. A Figura 25, mostra o sistema de embreagem do carrinho Knapik.

Figura 25 – Sistema de embreagem do carrinho Knapik



Fonte: KNAPIK (2017)

Sendo assim, foi selecionado o mesmo sistema utilizado pela Knapik, pois atende à demanda do deslocamento original do pistão do pulverizador PJH 20 I, além de manter o sistema de embreagem, também, neste protótipo. Sendo a biela acoplada diretamente ao pistão do pulverizador.

5.5 BARRA DE PULVERIZAÇÃO

Foi informado pelo produtor rural Júlio Cesar Rodrigues, a necessidade de aplicação de herbicida na cultura da goiaba para eliminar ervas daninhas.

Segundo o produtor essa aplicação deve cobrir uma distância de 80cm demonstrado pela reta AB na Figura 26, e que percorresse toda lateral da linha de plantação.

Figura 26 – Distância de aplicação



Fonte: ACERVO PESSOAL.

A velocidade de aplicação é igual a velocidade de tração, e como o protótipo tem a tração humana, foi adotado a velocidade de 5Km/h que é a velocidade média do caminhar de uma pessoa (BEM ESTAR, 2017).

De acordo com as informações do agricultor, o produto aplicado é o trop, um herbicida pós emergente sistêmico de ação total. Segundo o rótulo deste produto, disposto no Anexo 8, pode ser aplicado através de pulverizadores costais manuais, costais pressurizados e pulverizadores tratorizados e também mostra a variedade de bicos possíveis para a aplicação deste produto de acordo com pressão, velocidade e volume de calda.

Por já possuir o bico leque Jacto LD de série 11002, foi definido a utilização do mesmo. Apesar disso, avaliando o catálogo geral de bicos Jacto, Anexo 9, é recomendado que o bico LD, por ser uma excelente opção para aplicação de herbicida pós-emergente sistêmico.

A Figura 27 mostra o bico utilizado.

Figura 27 – Bico pulverizador utilizado no protótipo



Fonte: ACERVO PESSOAL

Sabendo que a largura de pulverização é a distância demonstrada pela reta AB, mostrado anteriormente na figura 19, a pulverização precisa ocorrer numa largura de 80 cm. Com isso, de acordo com o manual de orientação dos bicos, da Jacto, para cobrir essa largura serão utilizados dois bicos do modelo LD série 11002, com espaçamento de 40 cm.

Faz-se necessário, também, a utilização de um protetor de deriva na barra, pois segundo Cristofolletti (1997) citado pela EMBRAPA (2002), a deriva é o desvio da trajetória das partículas liberadas pelo processo de aplicação e que não atingem o

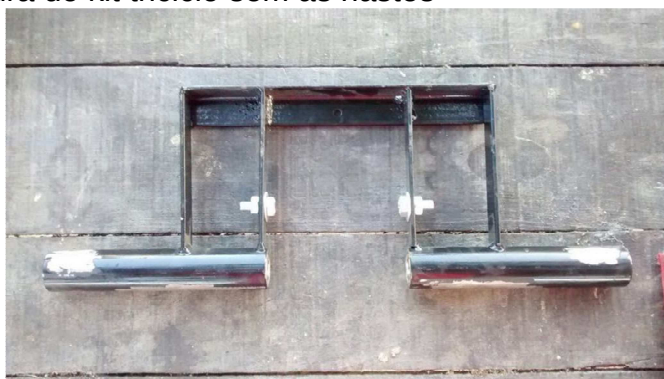
alvo, portanto, ocasiona na perda de produto, e na possibilidade de intoxicação da planta, uma vez que o herbicida é projetado para ser aplicado apenas nas ervas daninhas. Esse protetor de deriva deve ser fabricado de acordo com a largura da pulverização.

Não foi encontrado no manual do equipamento a vazão de trabalho, portanto foi preciso determiná-la. Para isso, após toda a montagem e fabricação do protótipo, foi colocado no orifício de saída da bomba um recipiente de volume igual a um litro, onde acionamos o protótipo e cronometramos o tempo gasto até que esse recipiente fosse totalmente preenchido. Dessa forma encontramos a vazão máxima do pulverizador quando acionado pelo protótipo de 0,055 L/s.

5.6 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Primeiramente, foi retirado do kit triciclo as hastes e/ou suporte da cesta aramada, pois a mesma não será utilizada neste protótipo. A Figura 28 mostra a estrutura do kit triciclo sem as hastes.

Figura 28 – Estrutura do kit triciclo sem as hastes



Fonte: ACERVO PESSOAL

Posteriormente, foi fabricado o suporte para acomodar o pulverizador costal manual PJH 20 L, utilizando metalon 15 x 15 x 1,20 mm galvanizado com dimensões internas de 375 x 185 mm, devido ao pulverizador possuir tal dimensão. Para apoiar o pulverizador, foi soldado duas barras chata medindo 1/8" x 2" x 215mm sob o suporte, a 35 mm de cada extremidade. A Figura 29 mostra esse suporte:

Figura 29 – Suporte do pulverizador



Fonte: ACERVO PESSOAL

Para realização da solda utilizou-se uma Máquina de Solda de Eletrodo, marca Bambozzi, 110 volts e 250 amperes, conforme a Figura 30. Todas as soldas foram realizadas com o consumível Eletrodo revestido E 6013 de 2 mm e 2,5 mm

Figura 30 – Máquina de solda



Fonte: ACERVO PESSOAL

Após a fabricação deste suporte, o mesmo foi soldado à estrutura do kit triciclo, assim como foram soldados dois pares de haste do mesmo material retirado da

estrutura do kit triciclo, afim de melhor estabilizar o suporte do pulverizador sobre o eixo. A figura 31 mostra o suporte fixado à estrutura do kit triciclo.

Figura 31 – Suporte fixado à estrutura do kit triciclo



Fonte: ACERVO PESSOAL

A Figura 32 mostra essa nova estrutura com o pulverizador acomodado e preso na estrutura através de uma cinta denominada cinta para o tanque do pulverizador PR-20, comercializada pela empresa Knapik.

Figura 32 – Estrutura com o pulverizador acomodado e preso na estrutura



Fonte: ACERVO PESSOAL

Em seguida, foi montado o sistema biela-manivela de modo que a fixação da manivela ficasse alinhada com o pistão do pulverizador permitindo que a biela trabalhe sem que ocorra atrito, evitando prejuízo ao funcionamento do sistema. Por ser comercializado separadamente, foi utilizado o mesmo sistema biela-manivela do Carrinho Pulverizador Manual PR-20. Para afixar o mancal, onde é instalado o eixo do sistema biela-manivela, foi fabricado um suporte para esse mancal com

cantoneira 20 x 20 mm e barra chata 1/8 x 2". O mesmo, obedecendo o alinhamento da biela, foi fixado na estrutura, conforme mostra a figura 33.

Figura 33 – Suporte para o mancal do eixo do sistema biela-manivela



Fonte: ACERVO PESSOAL

A partir de então, foi montado o sistema de transmissão por corrente e engrenagem. A partir da referência da posição da engrenagem movida, que já é acoplada ao eixo do sistema biela-manivela, foi posicionado a engrenagem motora do diferencial de modo que ficasse alinhada com a engrenagem movida. A figura 34 mostra o sistema de transmissão montado.

Figura 34 – Sistema de transmissão de movimento montado



Fonte: ACERVO PESSOAL

Foi preciso substituir a engrenagem do sistema de diferencial, pois a engrenagem original do sistema de diferencial do kit triciclo contém 22 dentes, porém no Carrinho Pulverizador Manual PR-20, utiliza uma engrenagem motora de 46 dentes. Por esse

motivo, foi preciso adaptar uma engrenagem de 46 dentes, usinando o diâmetro interno para 70 mm e assim, soldada no sistema de diferencial. A figura 35 mostra tal adaptação.

Figura 35 – Adaptação da engrenagem de 46 dentes ao diferencial



Fonte: ACERVO PESSOAL

Como a transmissão da velocidade angular ocorrerá por correntes foi realizado dois rasgos de 50 mm no suporte do mancal do eixo do sistema biela-manivela onde é posicionado o parafuso de fixação do mancal, a fim de mover esse mancal para frente e para trás de modo a regular o aperto da corrente, como mostra a figura 36.

Figura 36 – Rasgo do suporte do mancal



Fonte: ACERVO PESSOAL

Com toda a mecanização responsável por deslocar o pistão da bomba montada, foi feita a alça de tração com tudo de aço carbono de 1", através de calandragem. Junto à alça de tração, foi fixado um pé de apoio, para que o protótipo possa ficar estacionado. A alça foi fixada em cima do eixo junto às hastes de equilíbrio do suporte do pulverizador, sofrendo posteriormente uma curvatura de modo que o apoio das mãos ficasse na altura da cintura do operador afim de proporcionar maior conforto.

Como resultado da pesquisa, a altura das barras dos carrinhos de compras dos supermercados da região de Aracruz (Oriundi e Devens) com medidas variando entre 0,9m a 1 m de altura cada, e da grande Vitória (Rede Extra-bom e Carrefour) medindo 1 m e (Carone e Perim) medindo 0,9 m. Deste modo, consideramos a altura de 0,9 m para a aplicação em nosso protótipo.

A figura 37 mostra a alça de tração acoplada ao protótipo.

Figura 37 – Alça de tração acoplada ao protótipo



Fonte: ACERVO PESSOAL

Por último, começou-se a fabricação da barra de pulverização. Porém foi preciso fabricar um suporte para acoplá-la ao protótipo. Este suporte foi fabricado de metalon 15 x 15x 1,20 mm galvanizado, e soldado junto à estrutura do protótipo, de modo que a barra de pulverização fique a 300 mm do eixo e possibilitando três pontos de ajuste de altura da barra, distanciados a cada 100 mm. A figura 38 mostra o suporte da barra de pulverização.

Figura 38 – Suporte da barra de pulverização



Fonte: ACERVO PESSOAL

Após, foi fabricada e montada a barra de pulverização com os bicos posicionados a 40 cm um do outro. Para fabricação da barra foi usado um tubo de PVC de 1" como base para apoio e fixação dos bicos. Para fixação dos bicos na posição foram utilizadas duas presilhas com o diâmetro do tubo. Com a presilha posicionada foi feita a montagem dos bicos.

Para que o líquido que sai do pistão da bomba seja expulso nos bicos, foi necessário fazer a tubulação que o conduziria até o ponto final, bico pulverizador. Para isso foram utilizadas duas conexões em L, própria para instalação do bico pulverizador, em cada bico e uma conexão T no meio dos dois, ambas as conexões interligadas por uma mangueira PU12x8 mm para pressão de 100 PSI. A figura 39 mostra os bicos dispostos na barra de pulverização.

Figura 39 – Bicos dispostos na barra de pulverização



Fonte: ACERVO PESSOAL

Para que o líquido saia do pulverizador e chegue ao sistema acima mencionado, foi retirado a haste de pulverização do pulverizador costal manual após o gatilho de acionamento de liberação do líquido e acoplado a um tubo de bronze sendo este o mesmo utilizado na haste retirada, estando este tubo acoplado ao sistema criado, utilizando uma conexão niple para este acoplamento. A figura 40 mostra este sistema.

Figura 40 – Gatilho de acionamento do pulverizador costal manual acoplado ao sistema da barra de pulverização



Fonte: ACERVO PESSOAL

Posteriormente, foi fabricado o esqueleto do protetor de deriva com cantoneira 20 x 20 mm e barra chata 1/8 x 2" com dimensões de 800 mm de comprimento, 190 mm de largura e 400 mm de altura. A figura 41 mostra o esqueleto do protetor de deriva.

Figura 41 – Esqueleto do protetor de deriva



Fonte: ACERVO PESSOAL

Com o esqueleto do protetor de deriva pronto, o mesmo foi envolvido com uma borracha afim de fazer a função de proteção da deriva. A figura 42 mostra o esqueleto do protetor de deriva envolvido com a borracha.

Figura 42 – Esqueleto do protetor de deriva envolvido com a borracha protetora



Fonte: ACERVO PESSOAL

Com isso, a fase de construção do protótipo está finalizada e a figura 43 mostra o protótipo totalmente montado.

Figura 43 – Protótipo montado

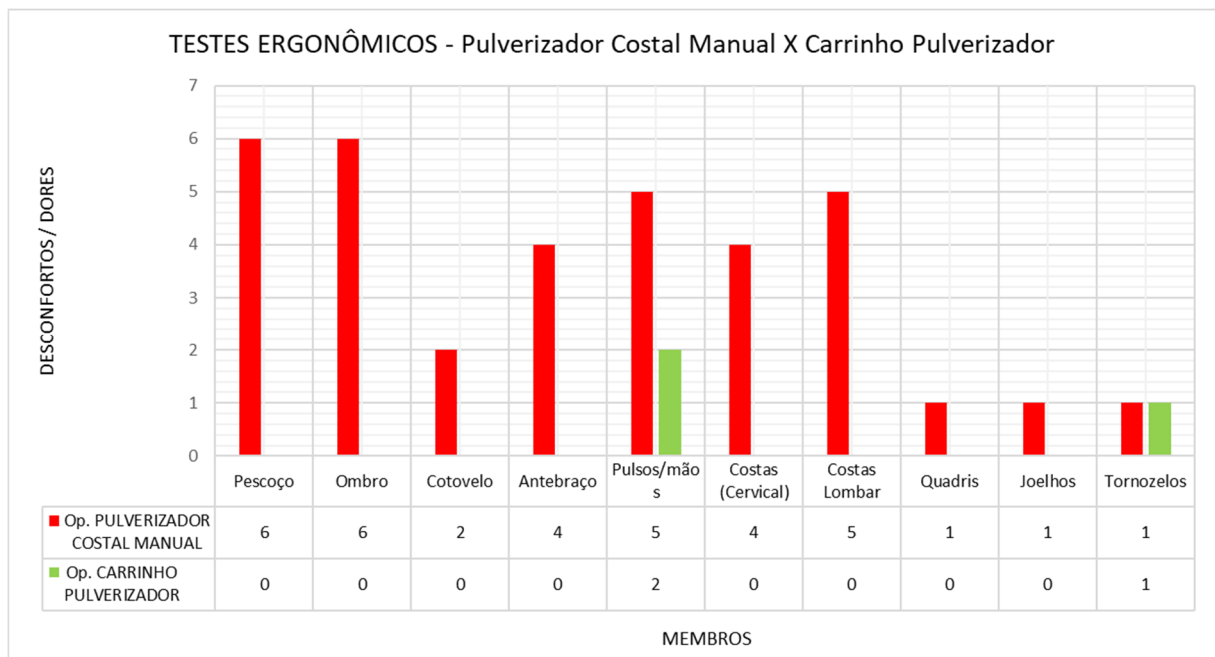


Fonte: ACERVO PESSOAL

5.7 TESTES ERGONÔMICOS

A avaliação dos sintomas de dor / desconforto nos membros ocorreu com a utilização de um questionário aplicado em entrevista com os trabalhadores, conforme demonstrado no Anexo 4 e seu respectivo gráfico demonstrado abaixo na figura 44.

Figura 44 - Gráfico das avaliações de dores ou desconforto nos membros



Fonte: Gráfico elaborado de acordo com as informações obtidas nos questionários desta pesquisa

Os Anexos 2 e 3 foram elaborados para demonstrarem o perfil de cada trabalhador avaliado nesta pesquisa, e sua experiência na atividade estudada, respectivamente. No estudo de Freitas, 2006, o risco de lombalgia foi considerado moderado para o processo de pulverização com o pulverizador costal manual utilizado em sua forma original. Já no protótipo, o risco de lombalgia foi considerado baixo, pois o resultado do teste obteve 10 pontos. Isso foi possível, pois com a utilização do protótipo, o operador apenas fica com os braços longe do tronco. Em momento nenhum exerce grande carga sobre a coluna.

5.7.1 Teste operacional

Na fazenda onde foi realizado os devidos testes, não foi encontrado desníveis de solo para que pudéssemos testar o protótipo, com isso não foi possível avaliar a operação em terrenos com angulações.

O teste foi realizado apenas em terreno de solo plano, onde o protótipo não apresentou nenhum desafio em relação a pulverização, mecanização e tracionamento, conforme Figura 45.

Figura 45 – Teste operacional



Fonte: ACERVO PESSOAL.

Entretanto, em relação ao pulverizador o protótipo apresenta um ponto de melhoria, pois não atinge regiões muito próximas ao tronco dos pés de goiaba devido à forma construtiva da barra de pulverização. Pontos que são facilmente alcançados com a

utilização do pulverizador costal manual pois o operador quem direciona o jato de calda.

5.7.2 Teste de produtividade

Foi utilizada a área do plantio de goiabas do produtor Júlio Cesar Rodrigues, que consiste em 7 carreiras de 50m de comprimento, em que pulveriza-se 80cm de cada lado da carreira, conforme mencionado anteriormente no item 5.5 desta pesquisa, totalizando assim uma área total de 560m².

Inicialmente foram realizados os testes com o pulverizador costal manual. Sendo gasto um tempo de 70min para pulverizar toda a área, cerca de 5min/talhão. E foi gasto 55l de calda, aproximadamente 3 tanques do pulverizador, sendo necessário o reabastecimento do tanque por 2 vezes e consumindo um total de 550ml de produto. Já com o protótipo foi gasto um tempo de 20min para pulverizar a mesma área, aproximadamente 1'43" /talhão. Foi gasto 14l de calda, o que corresponde a menos de 1 tanque do pulverizador, não havendo assim a necessidade de reabastecimento do mesmo e consumindo um total de 150ml de produto, conforme demonstrado na tabela 1.

Diante dos resultados obtidos, pode-se afirmar que o protótipo, além de ser mais produtivo é mais econômico que o pulverizador costal manual haja visto que foi demandado 71,4% menos tempo, consumido 74,5% menos calda e utilizado 72,7% menos produto para cobrir uma mesma área. Gerando, assim, a possibilidade de descanso para o operador, ou até mesmo a possibilidade de realização de outras atividades inerentes ao seu trabalho. Além da economia adquirida pela utilização do protótipo, pois foi gasto menos produto para cobrir a mesma área de aplicação.

Tabela 1: Comparativo entre o pulverizador costal manual e o protótipo

	PULVERIZADOR COSTAL MANUAL	PROTÓTIPO
TEMPO (min)	70	20
TEMPO MÉDIO (min / talhão)	5	1' 43"
GASTO CALDA (Litros)	55	14
TANQUES	3	Menos de 1
REABASTECIMENTOS	2 Vezes	Não precisou
TOTAL PRODUTO (ml)	550	150

Fonte: tabela elaborada pelos autores

6 CONCLUSÃO

A construção do protótipo mostrou-se eficiente, proporcionando ao pequeno produtor uma melhor qualidade de vida visto que os esforços físicos foram reduzidos consideravelmente durante a atividade de pulverização levando ao aumento significativo da produtividade.

A concepção do protótipo foi realizada com a utilização de componentes padronizados, viabilizando facilidade no que tange à reposição e manutenção do equipamento.

Em uma análise comparativa o protótipo apresenta um valor maior que o utilizado atualmente no mercado, mas essa desvantagem é superada pela oferta de facilidade no processo de pulverização e amenização dos esforços físicos para a execução da tarefa.

Isto posto, o estudo sobre a utilização do protótipo permite a percepção de que o design proposto atende o máximo de conforto esperado para o produtor rural durante a jornada de trabalho. O mecanismo de deslocamento/acionamento também apresentou-se coerente ao objetivo.

Ainda temos, com a utilização do protótipo, um ganho expressivo de aproximadamente 75% em relação à produtividade e consumo, podendo haver uma otimização do tempo do operador em suas rotinas diárias e também aumentar o bem-estar e conforto do mesmo pois o risco de lombalgia ao trabalhar com o protótipo é considerado baixo.

Entretanto, em relação ao pulverizador o protótipo apresenta um ponto de melhoria, pois não atinge regiões muito próximas ao tronco dos pés de goiaba devido à forma construtiva da barra de pulverização. Pontos que são facilmente alcançados com a utilização do pulverizador costal manual pois o operador quem direciona o jato de calda.

7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- Realizar um teste com o protótipo em solo desnivelado;
- Desenvolver barras de pulverização para aplicação de outros produtos e culturas diferentes. Exemplo: aplicação de inseticida em café;
- Construir pé de apoio com altura regulável;
- Realizar a avaliação da carga de trabalho físico através do gasto calórico e da frequência cardíaca.

REFERÊNCIAS

ANDEF - Associação Nacional De Defesa Vegetal. **MANUAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS**. Jd. Paulistano, 2010

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia aplicada. **Relatório PIBAgro-Brasil**. Dezembro de 2016.

CPT - Centro de Produções Técnicas e Editora Ltda. **Cartilha: Pulverização agrícola**: saiba mais sobre esse método de controle de pragas e doenças. Viçosa, 2015. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/cursos-mecanizacao-agricultura/artigos/pulverizacao-agricola-saiba-mais-sobre-esse-metodo-de-controle-de-pragas-e-doencas>

Barcellos et al. – **Desenvolvimento e avaliação de um pulverizador de barras à tração humana**. Goiás, 2006

Barros 1974, *apud* Domingos Almeida. Aulas de Produção Agrícola, 2004.

Dream bike. Kit triciclo. CATÁLOGO DE PRODUTOS DREAM BIKE

DUL, Jan; WEERDMESTER, Bernard. **Ergonomia prática**. 2. Ed. Ver. E ampl. São Paulo: Bluncher, 2004.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Circular Técnica 18**: Quimigação na Cultura do Milho. Sete Lagoas, 2002. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/486653>>.

_____. **Circular Técnica 86**: Métodos de irrigação e quimigação. Sete Lagoas, 2006. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/490418>>.

_____. **Controle biológico de pragas ganhará aliado na aviação agrícola**. Sete Lagoas, 2013. Disponível em: <<http://www.sistemafaemg.org.br/Noticia.aspx?Code=2919&Portal=1&PortalNews=1&ParentCode=139&ParentPath=None&ContentVersion=R&show=all>>.

_____. Defensivos Naturais na Agricultura: Da Prospeção a Utilização. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS. João Pessoa – PB, 2013.

_____. **História da Pulverização**. Jaguariúna, 1999. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Chaim_historialD-Dcdtr0CVWI.pdf>

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Pesticide risk reduction**. Itália, 2016.

Flatout. **Artigo:** Como funciona e para que serve o diferencial dos carros. 2017. Disponível em: <https://www.flatout.com.br/como-funciona-e-para-que-serve-o-diferencial-dos-carros/>

FREITAS, C. de S. **Análise ergonômica da atividade com pulverizador costal manual na cultura do café no município de Caratinga – MG.** 2006, 70f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Sustentabilidade) – Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Sustentabilidade, Centro Universitário de Caratinga. Caratinga, 2006. Disponível em: http://bibliotecadigital.unec.edu.br/bdtdunec/tde_arquivos/22/TDE-2007-09-12T062032Z-46/Publico/CRISTIAN%20DE%20SOUZA%20FREITAS.pdf.

GARCÍA, Ángel Franco. **Movimento de um pistão.** Disponível em: <http://200.17.141.35/egsantana/oscilaciones/biela/biela.htm> > Acesso em 09 Abril 2018.

GONÇALVES, John; GOUVEIA, Taiane; BARROS, Bruno. **Ergonomia e agricultura: proposta de redesign para um pulverizador agrícola.** PERNAMBUCO, 2016

HIBBELER, Russell Charles. **Resistência dos Materiais.** 7. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa.** Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

IIDA, Itiro; GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. **Ergonomia: projeto e produção.** 3. Ed. São Paulo: Blucher, 2016.

Indústria Mecânica Knapik Ltda EPP. Produtos. Disponível em: <http://www.knapik.com.br/>

JACTO. Máquinas Agrícolas JACTO S.A. **Treinamento Costais Manuais, Treinamento-0160.**

LOPES *et al.*, 2011, *apud* FRANÇA, J. A. L.; GONÇALVES, W. S.; ROMEIRO, B. P.; BENNETT, C. G. S.; SILVA, A. R. Desenvolvimento e avaliação de um pulverizador hidráulico de barras rígidas horizontais de baixo custo. **Revista de Agricultura Neotropical.** Cassilândia-MS, v. 2, n. 1, p. 17-23, jan./mar. 2015

MALI, Tiago. Envenenados: agrotóxicos contaminam cidades, intoxicam pessoas e já chegam às mesas dos brasileiros. **Revista Galileu**, 2017. Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI341651-17773,00-ENVENENADOS+AGROTOXICOS+CONTAMINAM+CIDADES+INTOXICAM+PESSOAS+E+JA+CHEGAM+AS.html>>. Acesso em: 19.out.2017.

MASSOCO, Daniel Biazus. **Inspeção de pulverizadores costais:** Situação dos equipamentos utilizados pela agricultura familiar. 2016, 115f. Tese (Doutorado em

Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2016. Disponível em: <<http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/prefix/3036/1/Tese%20Daniel%20Massoco.pdf>>.

MEDSCAPE. **Ulnar Neuropathy**. 2017. Disponível em: <<https://emedicine.medscape.com/article/1141515-overview#a4>>. Acesso em: 19.out.2017.

MORAES, Anamaria de; MONT'ALVÃO, Claudia. **Ergonomia: conceitos e aplicações**. 2. Ed - Rio de Janeiro, 2000

Monte Verde Agrícola. **Produtos**. Disponível em: www.monteverdeagricola.com.br/produto.html

NR 17 – Norma Regulamentadora 17. **Ergonomia**. Brasil, 2007

RUAS, J. F. **Pulverizadores costais com e sem assistência de ar e seus efeitos na aplicação em café**. 2010, 52f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2010. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp129618.pdf>>.

SANTOS, Débora Maria. **LER/DORT atinge 3,5 milhões de trabalhadores**. Ministério do Trabalho/FUNDACENTRO, 2016. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/noticias/detalhe-da-noticia/2016/2/pesquisadores-da-fundacentro-comentam-sobre-a-lerdort>>. Acesso em: 19 out 2017.

SASAKI *et al.*, 2014, *apud* FRANÇA, J. A. L.; GONÇALVES, W. S.; ROMEIRO, B. P.; BENETT, C. G. S.; SILVA, A. R. Desenvolvimento e avaliação de um pulverizador hidráulico de barras rígidas horizontais de baixo custo. **Revista de Agricultura Neotropical**. Cassilândia-MS, v. 2, n. 1, p. 17-23, jan./mar. 2015

SCHULZ, Rodrigo Erno Hess. **Projeto detalhado e construção do protótipo de uma semeadora-adubadora de uma linha par agricultura familiar**. 2010, 71f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2010. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/658/TCC%20Rodrigo%20E%20H%20Schulz.pdf?sequence=1>>.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Cartilha: Trabalho Decente - Educação Postural no Campo**. DF, 2014

SILVEIRA, 1989, *apud* FRANÇA, J. A. L.; GONÇALVES, W. S.; ROMEIRO, B. P.; BENETT, C. G. S.; SILVA, A. R. Desenvolvimento e avaliação de um pulverizador hidráulico de barras rígidas horizontais de baixo custo. **Revista de Agricultura Neotropical**. Cassilândia-MS, v. 2, n. 1, p. 17-23, jan./mar. 2015

SOUZA, A. P. *et al.* Avaliação do esforço físico despendido por trabalhadores em operações florestais no estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.25, n.3, p.353-360, 2001.

STEINKE, Caroline Vizzotto. **Estudo da ergonomia na colheita de frutas**. 2011, 59f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Pós-Graduação Lato Sensu, UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Ijuí, 2011. Disponível em: <http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/483/Monografia_CAROLINE.pdf?sequence=1>.

STIHL. Pulverizador Costal Motorizado. CATÁLOGO DE PRODUTOS STIHL.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology**: implications for managment. 2th ed. New York: John Wiley & Sons, 1997.

ROSS, A. M.; LEMBI, C. A. **Applied Weed Science**. Minneapolis: Burgess, 1985.

TEIXEIRA, Silvana. Pulverização: saiba mais sobre esse método de controle de pragas e doenças. Disponível em <<https://www.cpt.com.br/cursos-mecanizacao-agricultura/artigos/pulverizacao>>. Acesso em 08 de julho de 2017.

Vilela, R.A.G.; MALAGOLI, M. E.; MORRONE, L.C. **Trabalhadores da saúde sob risco: o uso de pulverizadores no controle de vetores**. São Paulo, 2005

ANEXOS

Anexo 1 – Pesquisa de mercado em casas agrícolas para seleção do pulverizador costal manual

Fornecedor	Localidade	Modelo mais vendido
Casa do Adubo	Linhares	PJH 20l Jacto
Defesa Agrícola	Linhares	PJH 20l Jacto
Nutrimax	Linhares	PJH 20l Jacto
GP Agropecuária	Aracruz	PJH 20l Jacto
Nutrial	Aracruz	PJH 20l Jacto

Fonte: TABELA ELABORADA PELOS AUTORES

Anexo 2 – Dados dos entrevistados

Nº	Nome	Idade	Peso (kg)	Altura (m)
1	Alexsandro Barbosa Scopel	19	74	1,85
4	Julio Cesar Rodrigues	24	83	1,76
2	Hildeir Fraga Rosa	50	70	1,65
5	Mauricio Machado	50	68	1,60
6	Pedro Cesar Rodrigues	55	61	1,66
3	José Miguel Machado	58	67	1,67

Fonte: TABELA ELABORADA PELOS AUTORES

Faixa etária de 19 a 58 anos.

Anexo 3 – Informações da Pulverização

Nº	Nome	Tempo de Pulverização (Anos)	Pulverização por Jornada (Horas)	Tanque por Jornada
2	Hildeir Fraga Rosa	30	8	15
6	Pedro Cesar Rodrigues	30	2	4
3	José Miguel Machado	30	8	15
5	Mauricio Machado	20	2	3
4	Julio Cesar Rodrigues	9	4	8
1	Alexsandro Barbosa Scopel	8	8	20

Fonte: TABELA ELABORADA PELOS AUTORES

Anexo 4 – Condições físicas após a jornada de trabalho

Menbros	Op. Pulverizador Costal Mnual	Op. Carrinho Pulverizador
Pescoço	6	0
Ombro	6	0
Cotovelo	2	0
Antebraço	4	0
Pulsos/Mãos	5	2
Costas (Cervical)	4	0
Costas (Lombar)	5	0
Quadris	1	0
Joelhos	1	0
Tornozelos	1	1

Fonte: TABELA ELABORADA PELOS AUTORES

Anexo 5 – Checklist para avaliação simplificada do risco de lombalgia

1.O trabalho envolve posicionamento estático do tronco em posição fletida entre 30 e 60 graus?	SIM (0) NÃO (1)
2. O trabalho tem que frequentemente atingir o chão com as mãos, independente da carga?	SIM (0) NÃO (1)
3. O trabalho envolve pegar cargas maiores que 10 Kg em frequência maior que 1 vez a cada 5 minutos?	SIM (0) NÃO (1)
4. O trabalho envolve pegar cargas no chão, independente do peso, em frequência maior que 1 vez por minuto?	SIM (0) NÃO (1)
5. O trabalho envolve fazer esforço com ferramentas ou com mãos estando o troco encurvado?	SIM (0) NÃO (1)
6. O trabalho envolve a necessidade de manusear (levantar, puxar ou empurrar) cargas que estejam longe do tronco?	SIM (0) NÃO (1)
7. O trabalho envolve a necessidade de manusear (levantar, puxar ou empurrar) com o tronco em posição assimétrica?	SIM (0) NÃO (1)
8. O trabalho envolve a necessidade de carregar cargas mais pesadas que 20 Kg frequentemente?	SIM (0) NÃO (1)
9. O trabalho envolve a necessidade de carregar cargas mais pesadas que 10 Kg frequentemente?	SIM (0) NÃO (1)
10. O trabalho envolve a necessidade de carregar cargas na cabeça?	SIM (0) NÃO (1)
11. O trabalho envolve a necessidade de ficar constantemente com os braços longe do tronco em posição suspensa?	SIM (0) NÃO (1)
12. O trabalho exige que o trabalhador fique com o tronco em posição estática, sem apoio?	SIM (0) NÃO (1)

Fonte: Freitas, 2006

Critérios de Interpretação

11 ou 12 pontos - baixíssimo risco de lombalgia

8 a 10 pontos - baixo risco de lombalgia

6 ou 7 pontos - risco moderado de lombalgia

4 ou 5 pontos - alto risco de lombalgia

0 a 3 pontos - altíssimo risco de lombalgia

Anexo 6 – Manual de treinamentos JACTO



MÁQUINAS AGRÍCOLAS JACTO S.A.

TREINAMENTO DE PRODUTOS

Apresentação.



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Modelo	PJH
Peso líquido	5,1 kg
Tanque	
- Capacidade	20 litros
- Material	Polietileno (plástico)
- Diâmetro da boca	140 mm Bomba
- Tipo	Pistão duplo
- Material	Latão
- Pressão de trabalho	6 kgf/cm ² (máxima)
Comprimento da lança	600 mm
Comprimento da mangueira	1350 mm
Bico instalado	JD - 12P

Anexo 7A: Análise dos esforços cortantes

Cálculo do Esforço Cortante

Para encontrar a equação do esforço cortante, é necessário fazer o balanço de forças verticais em cada seção (que vão de 0 até x metros), ou seja:

$$\sum F_y + V(x) = 0$$

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

Seção 1 ($0 \leq x \leq 0.065$)

Resolvendo o balanço de forças na seção:

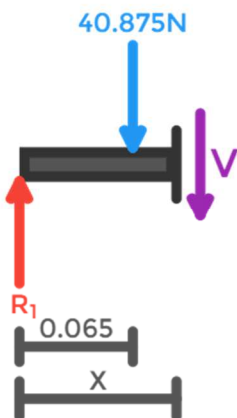


$$-R_1 + V(x) = 0$$

Substituindo os valores numéricos, encontra-se
 $V(x) = 122.625$

Seção 2 ($0.065 \leq x \leq 0.115$)

Resolvendo o balanço de forças na seção:



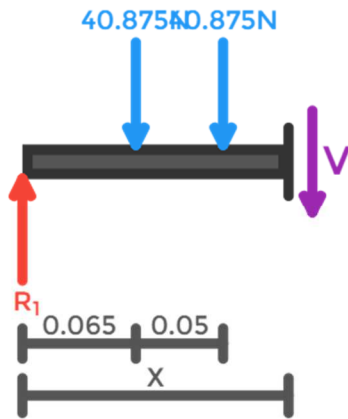
$$F_1 - R_1 + V(x) = 0$$

Substituindo os valores numéricos, encontra-se

$$V(x)=81.75$$

Seção 3 ($0.115 \leq x \leq 0.19$)

Resolvendo o balanço de forças na seção:

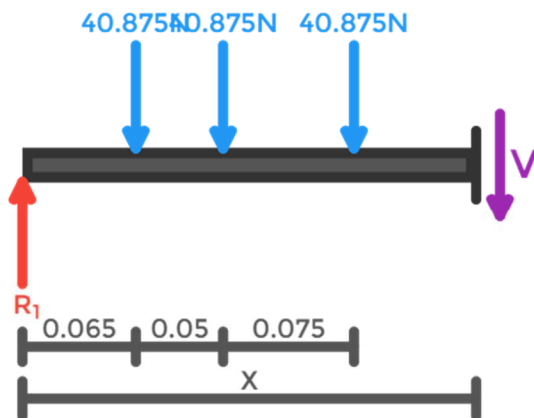


$$F_1 + F_2 - R_1 + V(x) = 0$$

Substituindo os valores numéricos, encontra-se
 $V(x) = 40.875$

Seção 4 ($0.19 \leq x \leq 0.33$)

Resolvendo o balanço de forças na seção:

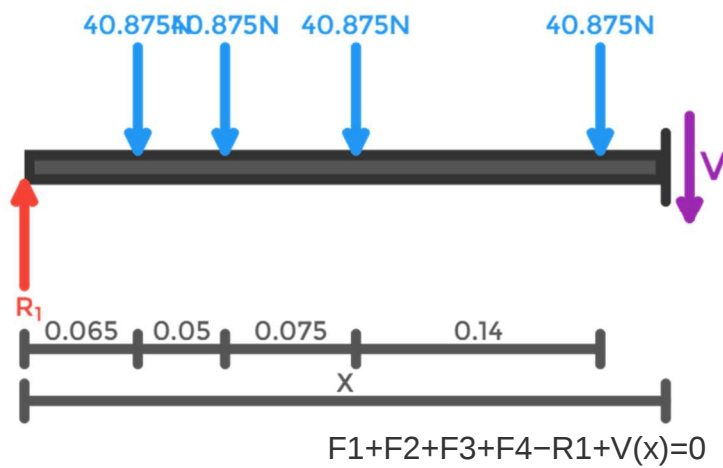


$$F_1 + F_2 + F_3 - R_1 + V(x) = 0$$

Substituindo os valores numéricos, encontra-se:
 $V(x) = 0$

Seção 5 ($0.33 \leq x \leq 0.405$)

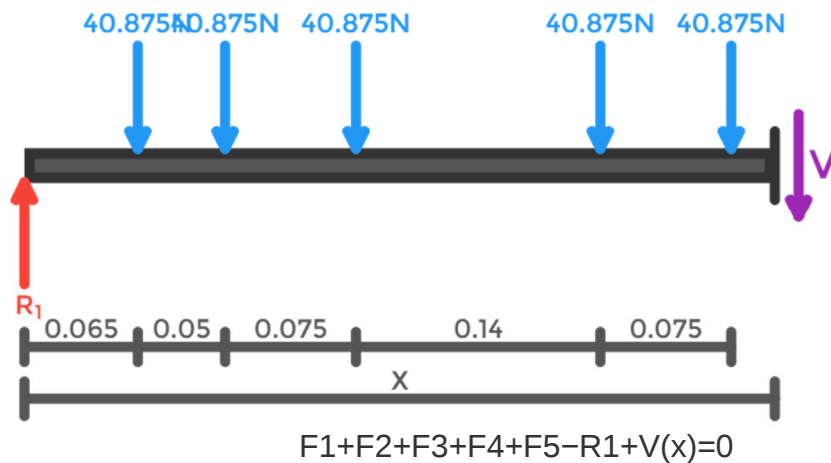
Resolvendo o balanço de forças na seção:



Substituindo os valores numéricos, encontra-se
 $V(x)=-40.875$

Seção 6 ($0.405 \leq x \leq 0.455$)

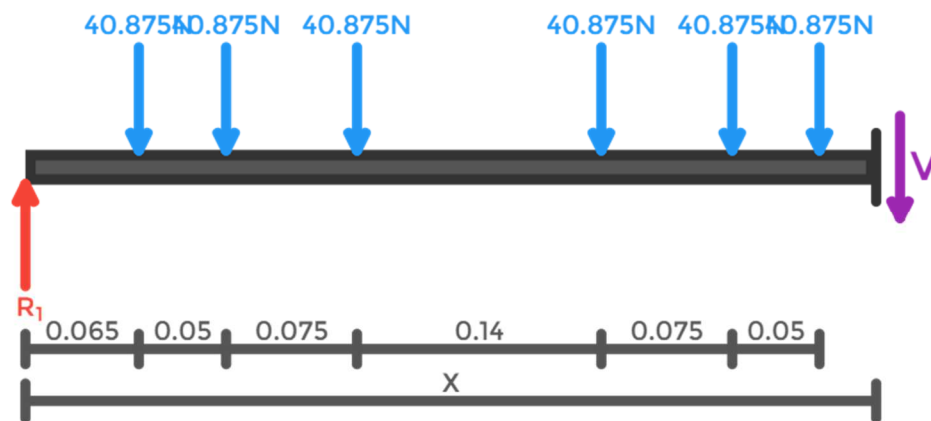
Resolvendo o balanço de forças na seção:



Substituindo os valores numéricos, encontra-se
 $V(x)=-81.75$

Seção 7 ($0.455 \leq x \leq 0.52$)

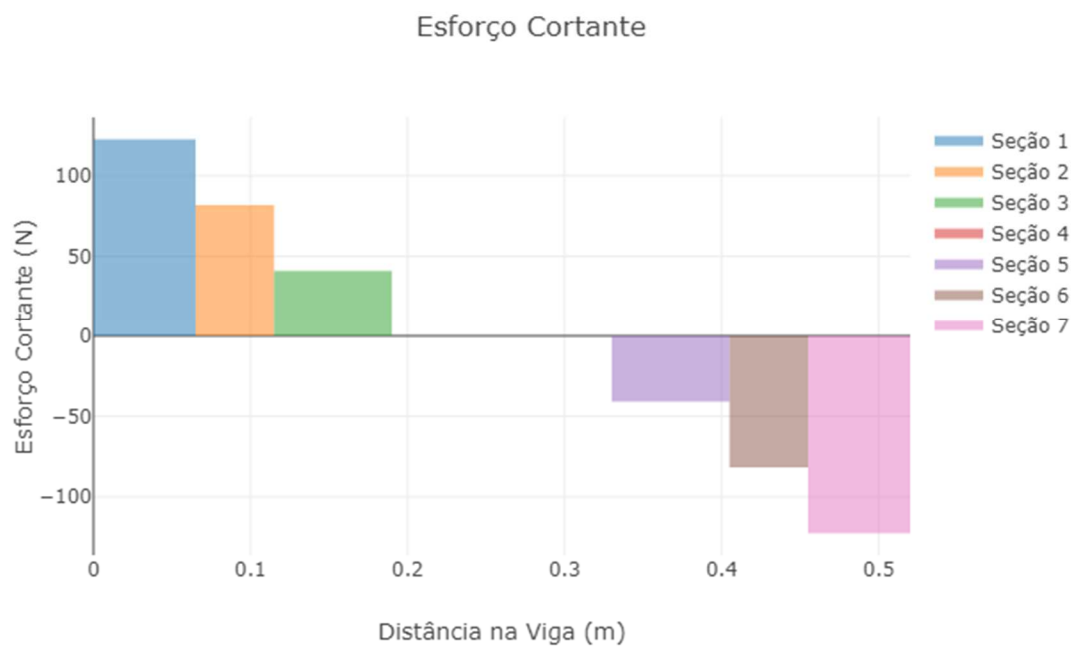
Resolvendo o balanço de forças na seção:



$$F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 - R_1 + V(x) = 0$$

Substituindo os valores numéricos, encontra-se
 $V(x) = -122.625$

Gráfico de análise de carga estática



Fonte: Criado pelos autores

Anexo 7B: Análise do momento fletor

Cálculo do Momento Fletor

Para encontrar a equação do momento fletor, é necessário fazer o balanço do momento em cada seção (que vão de 00 até xx metros), ou seja:

$$\sum Fy(x-x_{\text{carga}}) + \sum M + M(x) = 0$$

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

Seção 1 ($0 \leq x \leq 0.065$)

Resolvendo o balanço de momentos na seção:



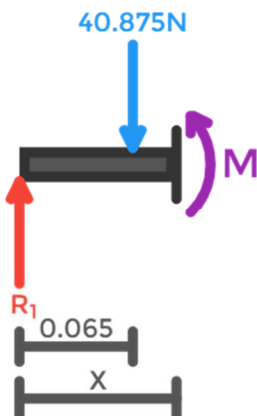
$$-R_1(x - x_{\text{apoio 1}}) + M(x) = 0$$

Substituindo os valores numéricos, encontra-se

$$M(x) = 122.625x$$

Seção 2 ($0.065 \leq x \leq 0.115$)

Resolvendo o balanço de momentos na seção:



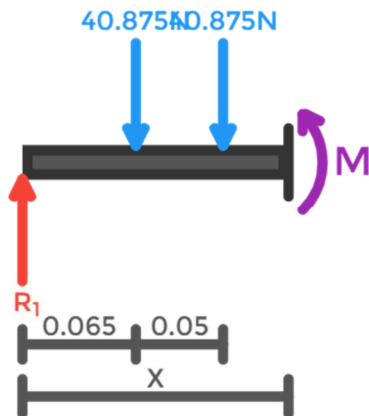
$$F_1(x - x_{\text{força 1}}) - R_1(x - x_{\text{apoio 1}}) + M(x) = 0$$

Substituindo os valores numéricos, encontra-se

$$M(x) = 81.75x + 2.6569$$

Seção 3 ($0.115 \leq x \leq 0.19$)

Resolvendo o balanço de momentos na seção:



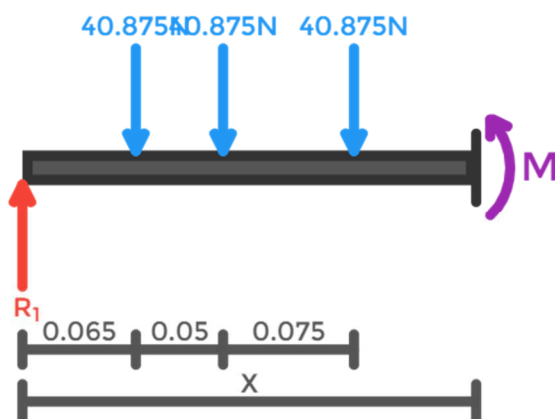
$$F1(x - x_{\text{força 1}}) + F2(x - x_{\text{força 2}}) - R1(x - x_{\text{apoio 1}}) + M(x) = 0$$

Substituindo os valores numéricos, encontra-se

$$M(x) = 40.875x + 7.3575$$

Seção 4 ($0.19 \leq x \leq 0.33$)

Resolvendo o balanço de momentos na seção:



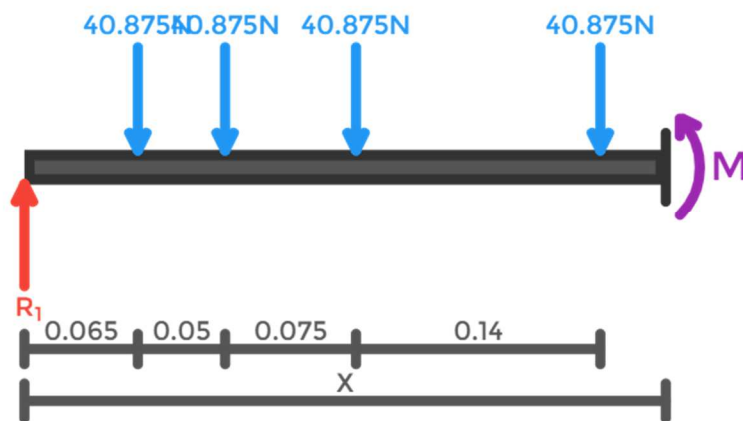
$$F1(x - x_{\text{força 1}}) + F2(x - x_{\text{força 2}}) + F3(x - x_{\text{força 3}}) - R1(x - x_{\text{apoio 1}}) + M(x) = 0$$

Substituindo os valores numéricos, encontra-se

$$M(x) = 0x + 15.1238$$

Seção 5 ($0.33 \leq x \leq 0.405$)

Resolvendo o balanço de momentos na seção:



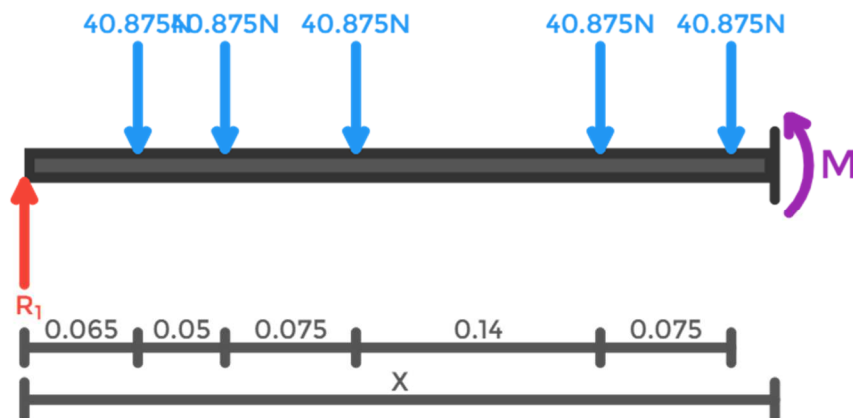
$$F1(x - \text{xforça 1}) + F2(x - \text{xforça 2}) + F3(x - \text{xforça 3}) + F4(x - \text{xforça 4}) - R1(x - \text{xapoio 1}) + M(x) = 0$$

Substituindo os valores numéricos, encontra-se

$$M(x) = -40.875x + 28.6125$$

Seção 6 ($0.405 \leq x \leq 0.455$)

Resolvendo o balanço de momentos na seção:



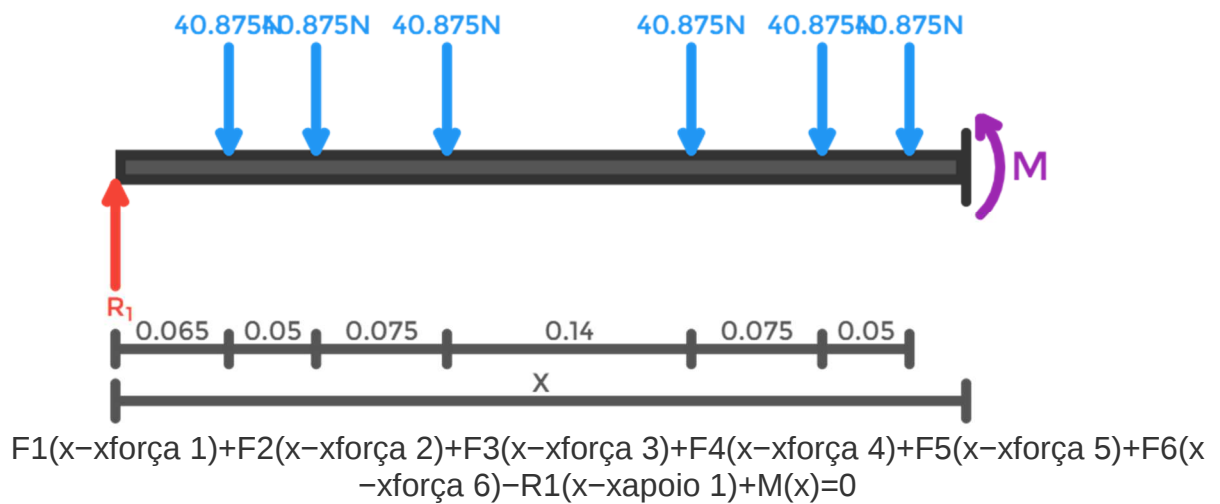
$$F1(x - \text{xforça 1}) + F2(x - \text{xforça 2}) + F3(x - \text{xforça 3}) + F4(x - \text{xforça 4}) + F5(x - \text{xforça 5}) - R1(x - \text{xapoio 1}) + M(x) = 0$$

Substituindo os valores numéricos, encontra-se

$$M(x) = -81.75x + 45.1669$$

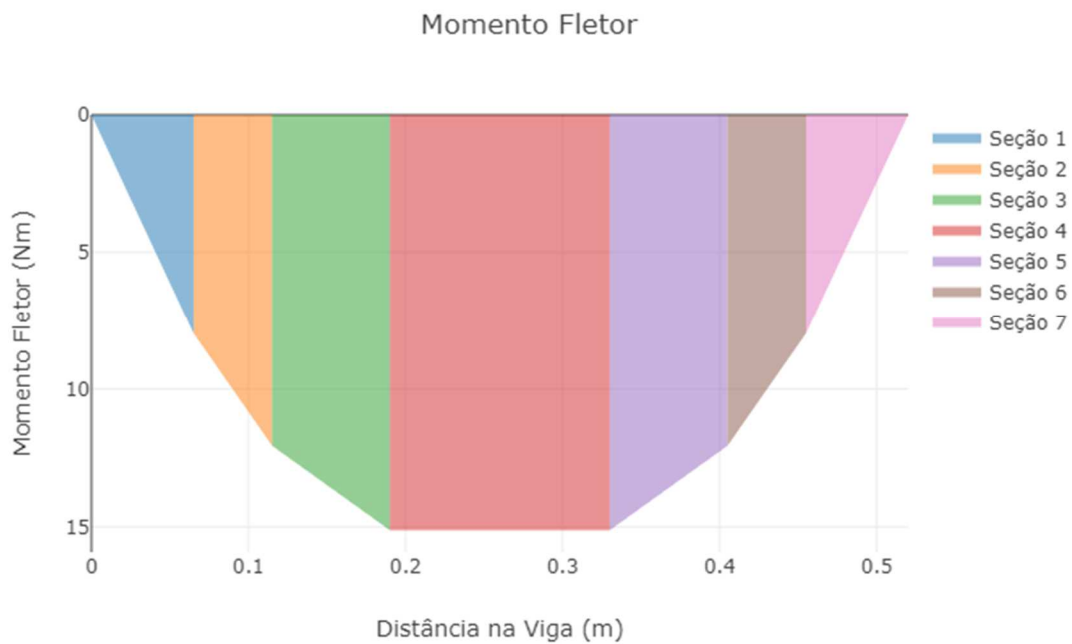
Seção 7 ($0.455 \leq x \leq 0.52$)

Resolvendo o balanço de momentos na seção:



Substituindo os valores numéricos, encontra-se
 $M(x)=-122.625x+63.765$

Gráfico de análise do momento fletor



Fonte: Criado pelos autores

$M_{\text{máx}} = 15,124 \text{ Nm}$

Diametro do eixo = 15 mm

Dessa forma, a tensão máxima atuante é:

$$\delta_{\text{máx}} = \frac{M \cdot c}{I}$$

Em que M representa o momento máximo, c o raio do eixo e I o momento polar de Inércia.

$$\delta_{\text{máx}} = \frac{M \cdot c}{\pi \frac{R^4}{4}}$$

$$\delta_{\text{máx}} = 45,646 \text{ MPa}$$

Anexo 8: Rótulo do produto aplicado (TROP)

MODO DE APLICAÇÃO:

A aplicação do herbicida **TROP** poderá ser efetuada através de pulverização terrestre ou aérea.

APLICAÇÃO TERRESTRE:

O **TROP** pode ser aplicado com pulverizador costal manual, costal pressurizado, tratorizado ou autopropelido. Utilizar bicos do tipo leque, que proporcionem uma vazão adequada. Procurar utilizar equipamentos e pressão de trabalho que proporcionem tamanhos de gotas que evitem a ocorrência de deriva:

- Diâmetro de gotas: 200 - 400 μ (micra);

6

BULA_TROP_08122017

- Densidade de gotas: densidade mínima de 20 gotas/cm²;
- Volume de calda: 100 a 400 L/ha.

No plantio das culturas indicadas, as aplicações de limpeza (manejo) devem ser em área total 7 a 15 dias antes do plantio e 20 a 30 dias para a cana-de-açúcar quando houver a presença das soqueiras.

Pode-se usar o produto para controle não seletivo das plantas infestantes, nestes casos, as aplicações podem ser feitas em área total ou apenas dirigidas sobre as áreas infestadas.

Fonte: Foto tirada pelos autores

Anexo 9: Catálogo geral de bicos JACTO

www.jacto.com.br

Bicos		Herbicidas				Fungicidas		Inset
		Incorporados	Pré-Emergentes	Pós-Emergentes Contato	Pós-Emergentes Sistêmicos	Contato	Sistêmicos	Contato
 AXI	 UF			EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE
 AXI pressões inferiores a 30 lb/psi ²	 UF pressões inferiores a 30 lb/psi ²			BOM	MUITO BOM	BOM	MUITO BOM	BOM
 API	 SF			EXCELENTE	BOM	EXCELENTE	BOM	EXCELENTE
 ADI	 LD	BOM	BOM	MUITO BOM	EXCELENTE	MUITO BOM	EXCELENTE	MUITO BOM
 DEF	 APM	EXCELENTE	EXCELENTE	BOM	MUITO BOM		MUITO BOM	

Fonte: Catálogo geral de bicos JACTO