

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**CARACTERIZAÇÃO, AVALIAÇÃO E
CLASSIFICAÇÃO DOS PULVERIZADORES
AUTOPROPULIDOS PRODUZIDOS NO BRASIL**

TESE DE DOUTORADO

André Luis Casali

Santa Maria, RS, Brasil

2015

**CARACTERIZAÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS
PULVERIZADORES AUTOPROPELIDOS PRODUZIDOS NO
BRASIL**

André Luis Casali

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) como
requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Agrícola

Orientador: Prof. Dr. Arno Udo Dallmeyer

Santa Maria, RS, Brasil

2015

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(s) autor(a).

Luis Casali, André.

CARACTERIZAÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS
PULVERIZADORES AUTOPROPELIDOS PRODUZIDOS NO BRASIL /
André Luis Casali. - 2015.

127p.; 30 cm

Orientador: Arno Udo Dallmeyer

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2015

1. Classificar. 2. Máquinas agrícolas. 3.
Pulverizador. I. Udo Dallmeyer, Arno. II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado**

**CARACTERIZAÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS
PULVERIZADORES AUTOPROPELIDOS PRODUZIDOS NO BRASIL**

elaborada por
André Luis Casali

como requisito para a obtenção do título de
Doutor em Engenharia Agrícola

Comissão Examinadora:

Arno Udo Dallmeyer, Dr.
Presidente/Orientador

Leonardo Nabaes Romano, Dr. (UFSM)

Reges Durigon, Dr. (UFSM)

Walter Boller, Dr. (UPF)

Ulisses Giacomini Frantz, Dr. (UNIPAMPA, Campus Dom Pedrito)

Santa Maria, 24 de julho de 2015

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho...

...ao meu pai, Mario Casali, e à minha mãe, Roselaine Maria Barichello Casali, que sempre apoiaram de forma incondicional a realização do sonho dos filhos e do neto, muitas vezes restringindo seus próprios sonhos em prol dos nossos;

... aos meus irmãos Caroline Casali e Carlos Alberto Casali, que me serviram de inspiração e exemplo na condução dos estudos e por terem me ajudado nos inúmeros momentos em que precisei da orientação de pessoas mais sábias que eu;

... à minha noiva, Fernanda Costabeber, pela companhia em inúmeros momentos inesquecíveis que passamos juntos e por me dar apoio nos inúmeros momentos em que a distância se mostrou uma barreira não tão dura;

... aos meus sobrinhos, Guilherme Casali Amaral e Estevan Roca Casali;

... amo muito todos vocês!

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria, instituição que me tornou um profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de aperfeiçoamento profissional durante o mestrado e doutorado.

Ao Professor Dr. Arno Udo Dallmeyer, pela orientação e ensinamentos durante o decorrer dos mais de três anos em que convivemos, mesmo que distantes; sua ajuda foi fundamental para elaboração desta tese.

À Capes, que por um certo tempo foi fundamental para minha permanência na Universidade Federal de Santa Maria e, com isso, possibilitou a elaboração desta tese.

“Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o Céu, enquanto que as cheias baixam para a terra, sua mãe.”

Leonardo da Vinci

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

CARACTERIZAÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS PULVERIZADORES AUTOPROPELIDOS PRODUZIDOS NO BRASIL

AUTOR: ANDRÉ LUIS CASALI

ORIENTADOR: ARNO UDO DALLMEYER

Data e local de defesa: Santa Maria, 24 de julho de 2015.

O Brasil é considerado o maior consumidor de agrotóxicos do mundo. Para aplicar estes insumos, são utilizados, em muitos casos, pulverizadores hidráulicos de barras autopropelidos. No Brasil, são escassas as ferramentas que auxiliam o produtor na escolha do modelo ideal de pulverizador autopropelido, otimizando a compra e reduzindo custos. Considerando a escassez de material avaliativo dessas máquinas, o objetivo central desta tese consiste em estabelecer um sistema de classificação dos pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil a partir de sua capacidade operacional teórica e também realizar avaliações em sistemas específicos de algumas destas máquinas. Para isso, foi criado um sistema de classificação baseado na capacidade operacional teórica combinada, assim como foram efetuadas avaliações quanto a pressão sonora dentro da cabine de máquinas em operação e também foi avaliado o percentual de visualização das barras. Para isso, foi desenvolvido um equipamento (Simulador de Visualização do Operador) que simula um operador sentado no assento do pulverizador. Foram identificados seis tipos distintos de configuração dos pulverizadores comercializados no Brasil. Esses seis tipos diferem entre si quanto ao posicionamento de Barras, Cabine, Reservatório de Calda e Motor. Podem ser atribuídas vantagens e desvantagens para cada tipo de configuração. Considerando as 14 marcas atuando no mercado nacional e somando os modelos que cada uma oferece, são disponibilizados 42 modelos de pulverizadores autopropelidos projetados para serem utilizados em culturas de grãos do Brasil. Por meio da aplicação do sistema de classificação criado nesta tese, os modelos de pulverizadores autopropelidos fabricados no Brasil foram divididos em quatro classes (I, II, III e IV). Com o aumento da classe, houve tendência de aumento do vão livre dos pulverizadores, assim como aumento do tamanho das barras, da velocidade de deslocamento e do tamanho do reservatório de calda. Porém, estes itens, quando avaliados de forma independente, não justificam o aumento de classe. Em relação à pressão sonora medida na cabine dos pulverizadores com distintos posicionamentos de motor, foi observada diferença significativa entre as máquinas avaliadas, havendo menor pressão sonora em máquinas com motor traseiro. Quanto à porcentagem de visualização das barras, a máquina que apresentou maior visibilidade possui em sua configuração cabine central e barra de pulverização traseira.

Palavras-chave: Classificar. Máquinas agrícolas. Pulverizador.

ABSTRACT

Doctoral Thesis
Post-Graduate Program in Agricultural Engineering
Federal University of Santa Maria

CHARACTERIZATION, EVALUATION AND CLASSIFICATION OF SELF-PROPELLED SPRAYERS PRODUCED IN BRAZIL

AUTHOR: ANDRÉ LUIS CASALI

ADVISOR: ARNO UDO DALLMEYER

Date and place of defense: Santa Maria, July 24th 2015.

Brazil is considered the largest consumer of pesticides in the world. To apply these inputs are used, in many cases, hydraulic self-propelled sprayer boom. In Brazil there are few tools that assist the farmer in choosing the ideal model of self-propelled sprayer, optimizing purchasing and reducing costs. Considering the lack of evaluative material from these machines, the central objective of this thesis is to establish a classification system for self-propelled sprayers sold in Brazil, from its theoretical operating capacity and also perform evaluations of some of these specific machine systems. For that, a classification system based on the combined theoretical operational capacity was created, as were tests conducted as the sound pressure inside the cabin of machines in operation and was also evaluated the preview percentage boom. For it was developed an equipment (View Simulator Operator) that simulates an operator sitting in the spray seat. We identified six different types of sprays configuration sold in Brazil, these six types differ as to the boom position, cabin, spray tank and engine. If one can assign advantages and disadvantages to each type of configuration. Considering the 14 brands operating in the Brazilian market and adding models each offers are available 42 models of self-propelled sprayers designed for use in Brazil grain crops. By applying the rating system created in this thesis, the models of self-propelled sprayers manufactured in Brazil were divided into four classes (I, II, III and IV). With increasing class tended to increase the clearance of sprayers, as well as increasing the size of the boom, operation speed and the size of the spray tank, however these items when evaluated independently do not justify the step increase. Regarding the measured sound pressure in the cabin of sprayers with different engine positions, significant differences were observed between the assessed machines, with lower sound pressure on machines with rear engine. As for the percentage of viewing the boom, the machine with the highest visibility has in its central cabin configuration and back boom.

Keywords: Rank. Agricultural machinery. Sprayer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração do que pode ter sido o primeiro pulverizador hidráulico a utilizar pressão para formação do jato, utilizado antes de 1868	31
Figura 2 - Pontas de pulverização confeccionadas em 1896, “A” leque simples, “B” pré-orifício e “C” cone vazio	32
Figura 3 - Pulverizador costal manual acionado por alavanca	34
Figura 4 - Representação de um circuito de pulverização contendo os principais componentes de um pulverizador de barras	35
Figura 5 - (a) pulverizador hidropneumático da marca Herpa (Fonte: Herpa) e (b) pulverizador de barras rebocado da marca Jacto	36
Figura 6 - Pulverizador autopropelido criado por Ray Hagie, em 1948	37
Figura 7 - Pulverizador autopropelido modelo 260 criado por Ray Hagie no ano de 1958	38
Figura 8 - Pulverizador autopropelido montado sobre um trator a partir de componentes de um pulverizador de arrasto	40
Figura 9 - Representação de um pulverizador autopropelido com destaque para alguns componentes	41
Figura 10 - Visão interna da cabine do autopropelido Gladiador 2300, da marca Stara	42
Figura 11 - Distribuição dos pulverizadores autopropelidos quanto às classes de potência (A) e número de cilindros do motor (B)	49
Figura 12 - Configuração e posicionamento de componentes em um trator agrícola 4x2 e 4x2 com tração dianteira auxiliar	57
Figura 13 - Configuração e posicionamento de componentes em uma colhedora de grãos	57
Figura 14 - Posicionamento do SIP e regiões de alcance do operador no plano longitudinal vertical(a) e plano horizontal superior(b)	62
Figura 15 - Medidas do Simulador da visualização do operador e detalhe do suporte para máquina fotográfica (A) que auxilia a simular a visualização do operador, vista frontal (B)	63
Figura 16 - Articulação do suporte para fixação da máquina fotográfica no Simulador da visualização do operador	63
Figura 17 - Medidas antropométricas de referência a um operador de máquinas agrícolas	64
Figura 18 - Posicionamento do suporte para máquina fotográfica no assento de um pulverizador autopropelido	65
Figura 19 - Marcas que comercializam pulverizadores autopropelidos no mercado nacional e o ano em que iniciaram a comercialização	68
Figura 20 - Configuração dos pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil, onde cada número diz respeito a uma disposição diferente dos sistemas e sua respectiva porcentagem de modelos oferecidos no mercado brasileiro	70
Figura 21 - Porcentagem de máquinas disponíveis no mercado brasileiro e sua respectiva disposição de barras, reservatório de calda, cabine e motor	71
Figura 22 - Posicionamento das barras de pulverização em distintas posições em pulverizadores autopropelidos	72

Figura 23 - Pulverizador com resíduos aderidos na parte traseira da máquina, utilizado para pulverização visando eliminar plantas espontâneas em pré- semeadura da soja na safra 2013/14, no estado do Mato Grosso, Brasil	74
Figura 24 - Pulverizador com posição da cabine frontal, motor central, reservatório de calda e barras traseiras	76
Figura 25 - Pulverizador com posição da cabine intermediária, reservatório de calda central, motor e barras traseiras	77
Figura 26 - Pulverizador com cabine posicionada no centro da máquina, motor frontal, barras e reservatório de calda traseiros	78
Figura 27 - Escadas de acesso ao motor com acionamento manual (A,B e C) e escadas de acesso as cabines com acionamento eletro-hidráulico(D, E e F) de três máquinas comercializadas no mercado brasileiro	79
Figura 28 - Nível médio da pressão sonora em decibéis (dB) medida dentro da cabine de pulverizadores autopropelidos em operação	80
Figura 29 - Chassi rígido (A) com união do eixo ao chassi por meio de soldas(B) .	82
Figura 30 - Chassi flexível com união de componentes por meio de parafusos (A), união do eixo ao chassi por meio de itens com articulação(B)	83
Figura 31 - Máquina com cabine frontal e barras traseiras	85
Figura 32 - Visibilidade frontal (A), lateral direita (B) e lateral esquerda (C) de um pulverizador com cabine posicionada na parte frontal da máquina	85
Figura 33 - Máquina com posicionamento de cabine intermediário e barra traseira	86
Figura 34 - Visibilidade frontal (A), lateral direita (B) e lateral esquerda (C) de um pulverizador com cabine de posicionamento intermediário e barra traseira	87
Figura 35 - Máquina com posicionamento de cabine central e barras traseiras	88
Figura 36 - Visibilidade frontal (A), lateral direita (B) e lateral esquerda (C) de um pulverizador com cabine de posicionamento central e barras traseiras	89
Figura 37 - Máquina com posicionamento de cabine frontal e barras centrais	90
Figura 38 - Visibilidade frontal (A), lateral-direita (B) e lateral esquerda (C) de um pulverizador com cabine de posicionamento frontal e barras centrais	91
Figura 39 - Adaptação de baliza visando auxiliar a orientação do operador durante a pulverização, vista superior (A) e vista frontal(B)	92
Figura 40 - Porcentagem de visibilidade das barras em distintos posicionamentos das cabines	92
Figura 41 - Sistema de mola pneumática utilizada para amortecimento e deslocamento e eixo	94
Figura 42 - Sistema de suspensão com independência por roda e eixo fixo ao chassi	95
Figura 43 - Distribuição dos pulverizadores em classes segundo sua respectiva Cotc.(ha.h ⁻¹)	98
Figura 44 - Distribuição de pulverizadores em suas classes e respectiva potência de motor	102
Figura 45 - Relação entre vão livre e Cotc dos pulverizadores comercializados no Brasil	104
Figura 46 - Relação entre o comprimento de barras e Cotc	105
Figura 47 - Relação entre Cotc e capacidade do reservatório de calda	106
Figura 48 - Velocidade máxima de operação e Cotc dos pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil	107
Figura 49 - Peso e respectiva Cotc dos pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil	109

Figura 50 - Relação peso/potência em kg.kW^{-1} e respectiva C_{otc} dos pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil 110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Potencia nominal do motor e respectiva classe de colhedora de grãos	46
Tabela 2 - Classificação dos pulverizadores autopropelidos desenvolvida por Farias et. al. (2015), de acordo com a potência do motor	47
Tabela 3 - Classes de pulverizadores autopropelidos de acordo com sua capacidade operacional teórica combinada (Cotc)	56
Tabela 4 - Pressão sonora (dB) ao ouvido do operador em pulverizadores autopropelidos em operação e com utilização do condicionador de ar em fluxos distintos	81
Tabela 5 - Valores médios do nível de pressão sonora para distintos posicionamentos de motor	81
Tabela 6 - Subitens a serem avaliados nos pulverizadores autopropelidos	123
Tabela 7 - Marcas e modelos dos pulverizadores avaliados	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASAE Associação Nacional de Defesa Vegetal
Cotc Capacidade operacional teórica combinada
SVO Simulador da visualização do operador
IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ANFAVEA Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
GNSS global navigation satellite system
kW kilowatts
Cct Capacidade de campo teórica;
Lc Largura de corte teórica da máquina;
Vd Velocidade de deslocamento teórica da máquina
Cot Capacidade operacional teórica (ha.h⁻¹)
Lu Largura útil (metros)
Vom Velocidade operacional máxima (km.h⁻¹)
C Capacidade em hectares (ha)
V Volume de calda do reservatório (L)
100 Taxa de pulverização de referência (L.ha¹)
Cotc Capacidade Operacional Teórica Combinada (ha.h⁻¹)
NR Norma Regulamentadora
dB Decibéis

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
1.1 Hipóteses do trabalho	27
1.2 Objetivos	27
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
2.1 A Pulverização Agrícola	30
2.2 Pulverizadores Autopropelidos	37
2.3 Classificação de máquinas agrícolas	43
3 MATERIAIS E MÉTODOS	53
3.1 Capacidade operacional teórica	54
3.2 Posicionamento dos componentes, cabine, reservatório de calda, motor e barras	56
3.3 Quantificação do nível de pressão sonora dentro da cabine	58
3.4 Tipos de suspensão	59
3.5 Sistemas de transmissão	59
3.6 Tipos de chassi	60
3.7 Acesso ao posto de operação e itens de manutenção periódica	60
3.8 Tipos de piloto automático e eletrônica embarcada	61
3.9 Vão livre	61
3.10 Visibilidade de dentro da cabine	61
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.1 Posicionamento dos componentes nos pulverizadores autopropelidos	69
4.2 Posicionamento das barras	72
4.3 Posição da cabine	75
4.4 Posicionamento do motor	78
4.5 Pressão sonora dentro da cabine	80
4.6 Tipo de chassi utilizado	82
4.7 Visibilidade do operador	83
4.8 Visibilidade em máquina com cabine frontal e barras traseira	83
4.9 Visibilidade em máquina com cabine intermediária e barras traseiras	86
4.10 Visibilidade em máquina com cabine central e barras traseiras ...	87
4.11 Visibilidade em máquina com cabine frontal e barras centrais	89
4.12 Utilização de piloto automático	93
4.13 Sistemas de suspensão	93
4.14 Sistemas de transmissão	95
4.15 Tipos de barras e suas peculiaridades	96
4.16 Classificação dos pulverizadores por meio do Cotc	98
4.16.1 Pulverizadores autopropelidos classe I	99
4.16.2 Pulverizadores autopropelidos classe II	99
4.16.3 Pulverizadores autopropelidos classe III	100
4.16.4 Pulverizadores autopropelidos classe IV	101
4.17 Potência do motor e Cotc	101
4.18 Relação entre Cotc x Vão livre	103
4.19 Comprimento de barra e respectiva Cotc	104

4.20 Volume do reservatório de calda e Cotc	105
4.21 Velocidade de deslocamento máxima e Cotc	106
4.22 Peso e Cotc	108
5 CONCLUSÕES	113
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
APÊNDICES	121

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca por ser um país com vocação em produzir alimentos por meio da agropecuária. A cada ano, os agricultores brasileiros vêm demonstrando grande capacidade competitiva em diversos setores, como o das *commodities* agrícolas. A área cultivada com cereais, leguminosas e oleaginosas, em 2013, foi de aproximadamente 52,7 milhões de hectares, superando em 8% a área cultivada no ano de 2012, com produção de 187 milhões de toneladas, superando em 15% a produção obtida em 2012 (IBGE, 2013). Em estimativa realizada pelo mesmo Instituto, para o ano de 2015, a safra nacional de cereais, leguminosas e oleaginosas totalizou 199,7 milhões de toneladas, superando em 3,6% a obtida em 2014 (192,8 milhões de toneladas) (IBGE, 2015), o que mostra que ano a ano vem sendo ampliada a produção brasileira de culturas anuais.

Para garantir esse aumento na produção, muitas tecnologias estão sendo usadas nas lavouras, como plantas com elevado potencial produtivo, insumos agrícolas, como fertilizantes e agrotóxicos, com maior qualidade e eficácia, e máquinas agrícolas com alta tecnologia embarcada. Estas tecnologias vem sendo utilizadas desde a semeadura das culturas indo até a colheita do produto final. Nessa interface, está a prática da pulverização de agrotóxicos, que tem papel fundamental para garantir que as culturas expressem o máximo potencial genético e, assim, obter elevada produtividade. O Brasil, sendo um dos maiores produtores de grãos do mundo, acaba também sendo considerado o maior consumidor de agrotóxicos. De acordo com a Embrapa (2014), anualmente são usados, no planeta, aproximadamente 2,5 milhões de toneladas destes insumos, sendo o consumo anual de agrotóxicos no Brasil superior a 300 mil toneladas. Nos últimos quarenta anos, o aumento no consumo de agrotóxicos foi de 700%, enquanto a área de produção agrícola aumentou 78%, demonstrando que a proporção do uso de agrotóxicos não seguiu a tendência do aumento de área.

Para aplicar estes insumos são utilizados, na maioria dos casos, pulverizadores hidráulicos, sejam eles de propulsão humana, tratorizados ou autopropelidos. Os pulverizadores são as máquinas mais utilizadas durante o ciclo de culturas de grãos, como soja, feijão, milho e trigo ou mesmo na cultura de fibras como o algodão. Mesmo em culturas como a cana de açúcar, nas quais há pouco

tempo não se realizavam pulverizações pós-emergentes, a demanda por pulverizações é uma realidade.

Acompanhando a crescente demanda pelo uso de agrotóxicos, existe a ampliação do uso de pulverizadores autopropelidos e o conseqüente aumento da oferta de diferentes modelos no mercado nacional. Previamente à aquisição dos pulverizadores autopropelidos vêm as incertezas quanto ao custo/benefício e adequação da máquina à necessidade de cada propriedade rural, tendo em vista que a qualidade do trabalho realizado e o dimensionamento dessas máquinas pode refletir no sucesso ou fracasso da produção em função do seu elevado custo.

O Brasil é carente de ferramentas que auxiliem o agricultor na escolha do modelo de pulverizador autopropelido, adequando seu dimensionamento à realidade da propriedade rural, a fim de otimizar o dinheiro investido e, assim, elevar a margem de lucro do agricultor. Dessa forma, ele fica dependendo de materiais específicos de divulgação desenvolvidos por fábricas e concessionárias (*folders*, *sites*, dinâmicas de demonstrações, etc.) que utilizam estratégias de *marketing* para comercialização, mas que, muitas vezes, não orientam adequadamente o agricultor a adquirir um produto condizente com a realidade de sua lavoura.

Para os pulverizadores autopropelidos, existem distintas formas de acesso a informações (manuais de operação, entregas técnicas, folhetos explicativos, vídeos institucionais, etc.). Porém, todas elas estão atreladas às empresas fabricantes da máquina em questão. Não há opção de comparação entre máquinas de uma mesma categoria sem a intervenção do *marketing* das empresas. É justamente a confecção dessa ferramenta de classificação entre pulverizadores autopropelidos o objetivo central dessa tese.

Outro ponto a ser considerado é a inexistência de uma distinção dos modelos de pulverizadores de acordo com sua capacidade de trabalho, o que pode levar o agricultor a adquirir uma máquina subdimensionada ou superdimensionada à sua demanda. Motivada por estas lacunas, a tese em questão tem como principal objetivo apresentar uma proposta de classificação de pulverizadores autopropelidos, com base em seus itens de constituição assim como em sua capacidade operacional teórica. Para tanto, criou-se uma classificação de autopropelidos, tomando como base a classificação já existente para tratores e colhedoras de grãos; porém, levando em consideração não apenas a potência de motor mas a capacidade operacional teórica de cada máquina.

Com a classificação baseada em características técnicas, entidades como a ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores) poderão disponibilizar informações de comercialização dos pulverizadores autopropelidos por categoria, o que irá auxiliar o estudo e entendimento do mercado deste tipo de máquina agrícola. Outro ponto relevante consiste na utilização destes critérios para auxiliar agricultores na escolha de um pulverizador autopropelido que mais se adapte às condições de trabalho de sua propriedade.

1.1 Hipóteses

Como hipótese central, tem-se que a criação de um sistema de classificação de pulverizadores autopropelidos baseado na capacidade operacional teórica e também em suas características técnicas permitirá a efetiva comparação entre os diferentes equipamentos disponíveis no mercado nacional, possibilitando aos agricultores selecionar a máquina mais adequada às condições de sua propriedade rural. Como hipóteses secundárias, crê-se que a classificação dos pulverizadores autopropelidos comercializados no mercado nacional poderá ser utilizada por instituições como a ANFAVEA para a divulgação da produção e comercialização dessas máquinas por categoria; e que a classificação em questão também pode balizar estudos de mercado que possibilitarão o melhor entendimento da demanda de pulverizadores autopropelidos por extrato.

1.2 Objetivos

Considerando as dificuldades que os agricultores têm ao analisar pulverizadores autopropelidos no momento da sua aquisição, bem como a escassez de material avaliativo dessas máquinas, o objetivo central desta tese consistiu em estabelecer um sistema de classificação dos pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil a partir de sua capacidade operacional teórica e também realizar avaliações em sistemas específicos de algumas destas máquinas. Para isso, foram cumpridos os seguintes objetivos específicos:

a) levantar dados sobre as especificações técnicas de pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil junto aos fabricantes e concessionárias,

com intuito de ampliar a compreensão acerca dessas máquinas para elaboração de uma classificação;

b) quantificar a pressão sonora dentro da cabine de pulverizadores autopropelidos com posicionamento de motor distinto e verificar se esta distinção oferece diferença significativa na pressão sonora dentro da cabine;

c) verificar a porcentagem de visualização das barras de pulverização em pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil em máquinas com posicionamento de cabine frontal, intermediário e central;

d) elaborar um sistema de classificação de pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil;

e) classificar os pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil de acordo com sua capacidade operacional teórica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A utilização de agrotóxicos tem por objetivo assegurar o potencial produtivo das plantas cultivadas, protegendo-as de agentes externos denominados pragas (doenças, plantas espontâneas e insetos). Os agrotóxicos são classificados de acordo com sua finalidade de uso, que é definida pela ação do ingrediente ativo sobre o alvo biológico (praga).

Desde 2008, o Brasil é apontado como o maior mercado consumidor de agrotóxicos do mundo. De acordo com Pelaez (2012), a comercialização de agrotóxicos no Brasil cresceu 176% de 2000 a 2010. A utilização desse grande volume de agrotóxicos no País acarreta riscos de contaminação ao meio ambiente e também ao responsável pela aplicação do insumo. Embora fundamentais ao sistema agrícola atual, o potencial de risco ambiental dos agrotóxicos cada vez mais preocupa ambientalistas e técnicos ligados à área.

Ademais, em 2011, o Brasil teve uma taxa de crescimento nos custos de produção agrícola (PELAEZ, 2012), muito deste relacionado ao maior uso de agrotóxicos, mas que nem sempre esse aumento refletirá na elevação da produtividade das lavouras. Isso amplia a necessidade de utilização de alternativas que venham a otimizar o uso dos insumos, a fim de reduzir os custos de produção e o uso adequado de máquinas e implementos está entre elas. Segundo Zambolin et al. (2008), a utilização de tecnologias que possibilitam a aplicação variável de agrotóxicos pode significar redução de mais de 60% na quantidade de agrotóxicos utilizados, implicando diretamente na diminuição dos custos de produção. Isso decorre do uso de máquinas com elevado nível tecnológico, mas, ao mesmo tempo, que sejam adequadas à realidade do agricultor, o que torna a escolha da máquina etapa fundamental no desenvolvimento da propriedade rural.

Considerando o objetivo central desta tese em classificar os modelos de pulverizadores autopropelidos em relação às suas capacidades operacionais e características construtivas, este capítulo visa revisar os contextos e conceitos que interessam ao trabalho. De início, aborda-se resumidamente a história da pulverização até o desenvolvimento dos pulverizadores autopropelidos. Depois, conceitua-se e caracteriza-se este tipo de máquina agrícola. Por fim, apresentam-se modelos de classificação para outros tipos de máquinas agrícolas, buscando

parâmetros para o desenvolvimento de metodologia para a classificação de pulverizadores autopropelidos.

2.1 Pulverização Agrícola

Cabe, inicialmente, fazer uma diferenciação entre os termos “pulverização” e “aplicação”. Pulverização é processo físico-mecânico de transformação de uma substância líquida em partículas ou gotas. Aplicação é a deposição de gotas contendo o ingrediente ativo sobre um alvo desejado, com tamanho e densidade adequados ao objetivo proposto (ANDEF, 2004).

A história da utilização dos agrotóxicos revela que a prática é muito mais antiga do que a existência dos pulverizadores hidráulicos modernos. Bohmont (1981) cita que os primeiros registros da utilização de compostos químicos para o controle de pragas se dá com a queima de enxofre pelos romanos, como prática para espantar pragas em plantações de trigo a partir da fumaça produzida. Desde então, a história da utilização de agrotóxicos trata de dois aspectos: os produtos empregados e as formas de aplicação.

Quanto aos produtos, Akesson e Yates (1979 apud CHAIM, 1999, p.2) falam de três períodos distintos.

O primeiro refere-se à época anterior a 1867, em que se utilizavam produtos odoríficos ou irritantes, tais como excrementos e cinzas, mas também se começava a utilizar enxofre, rotenona (substância química inodora usada como inseticida que corre naturalmente nas raízes e talos de várias plantas), piretro, nicotina, óleos animais ou de petróleo. O segundo, compreendido entre 1867 a 1939, corresponde ao período da descoberta e refinamento da mistura Bordeaux, bem como de outras formulações cúpricas. Exatamente durante esse período, começou o desenvolvimento mais significativo nos equipamentos de aplicação desses produtos. O terceiro período inicia-se a partir de 1939, com a era dos organossintéticos. (AKESSON e YATES, 1979 apud CHAIM, 1999, p.2-3).

Os autores ainda complementam que cada período compreendia formas específicas de aplicação. Antes de 1867, já se utilizavam regadores para dar uniformidade à aplicação de produtos, mas, em sua maioria, as plantas eram lavadas e esfregadas com panos embebidos em produtos.

A partir de 1868, surgiu a técnica de arremesso de líquidos sobre as plantas com o auxílio de vassouras. Essa técnica, conhecida como benzedura, foi acrescida

de um instrumento especial (Figura 1) que possuía rodas para facilitar o deslocamento, um reservatório de calda para aumentar a autonomia, uma bomba de recalque manual e, em alguns modelos, utilizavam-se seringas em sua extremidade para esguichar o líquido sobre as plantas. A colocação de uma válvula permitia o bombeamento intermitente do líquido.

Este tipo de equipamento, utilizado por volta do ano de 1868, pode ser considerado o primeiro pulverizador hidráulico que utiliza o princípio do aumento de pressão para auxiliar na pulverização do agrotóxico sobre as plantas.

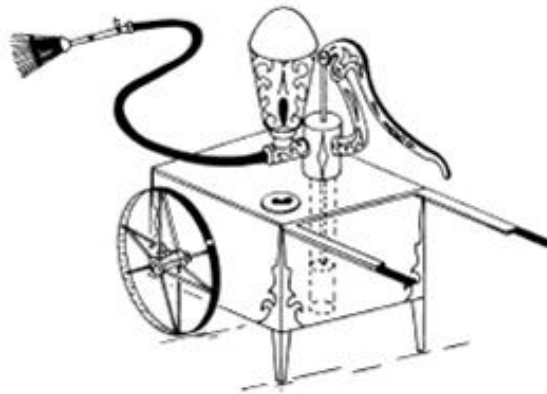


Figura 1 - Ilustração do que pode ter sido o primeiro pulverizador hidráulico a utilizar pressão para formação do jato, utilizado antes de 1868.
Fonte: adaptado de Akesson & Yates (1979, apud CHAIM, 1999).

O desenvolvimento de equipamentos para a pulverização ganhou força somente em consequência da revolução industrial. Dentre os fatores que o impulsionaram, deve-se citar o êxodo rural, que diminuiu a disponibilidade de mão de obra no campo e, ao mesmo tempo, aumentou a demanda de produtos agrícolas para alimentar a população urbana expandida. Essa conjuntura criou a demanda de técnicas para a produção agrícola, como a monocultura, a qual facilitou ainda mais o aparecimento de pragas.

O primeiro grande avanço nas atividades agropecuárias ocorreu dentro do mesmo processo da Revolução Industrial. Os países que se industrializaram nesse período modernizaram os seus sistemas de cultivo, elevaram a

produção e produtividade – produzir mais com menos terra e mão de obra – e introduziram novas técnicas com o desenvolvimento de instrumentos agrícolas (YAMASHITA, 2010, p.17).

Para tanto, surgiram os pulverizadores, que são máquinas agrícolas que buscam otimizar a aplicação de agrotóxicos de maneira que este atinja o alvo desejado de uma forma adequada. Para Chaim (1999), “de certa forma, o método de aplicação empregado atualmente é o mesmo que se empregava no início do século passado e objetiva estabelecer uma barreira tóxica na superfície do alvo, para impedir o ataque de pragas e doenças”. Entre 1867 e 1939, os reservatórios de calda foram aperfeiçoados e surgiram as pontas de pulverização, que apresentaram conceitos que até hoje são utilizados. Akesson e Yates (1979) relatam que, no final do século XIX, já eram descritas três categorias de pontas de pulverização (Figura 2): pontas com orifícios em forma retangular, atualmente denominados leque simples (A); pontas com pré-orifícios colocadas à frente do orifício de saída de líquido, que também produziam jatos em forma de leque (B); e pontas que promoviam a rotação do líquido imediatamente antes de sua emergência pelo orifício de saída, produzindo um jato com formato cônico e vazio (C).

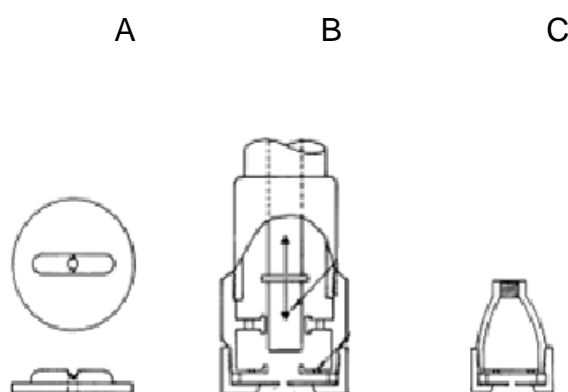


Figura 2 - Pontas de pulverização confeccionadas em 1896, “A” leque simples, “B” pré-orifício e “C” cone vazio.

Fonte: Adaptado de Akesson e Yates (1979 apud CHAIM, 1999).

Outro aspecto fundamental é que as máquinas utilizadas para pulverização consigam manter a pressão adequada, visando produzir o maior número possível de gotas para que a cobertura do alvo pelo agrotóxico seja a maior possível. Pressões

elevadas podem acarretar na produção de gotas muito finas e estas podem ser deslocadas para fora do alvo e, conseqüentemente, o agrotóxico poderá atingir áreas indesejadas, causando a perda da sua efetividade e também elevando a possibilidade de contaminação ambiental. Sendo assim, a pulverização deve ser realizada de forma que a ponta produza gotas pequenas o bastante para atingir e cobrir o alvo satisfatoriamente e grandes o bastante para evitar que sejam perdidas por efeitos adversos das condições meteorológicas.

Além dos aspectos de tipo de ponta e controle da pressão de trabalho, com o passar dos anos o aumento do tamanho das propriedades agrícolas impulsionou a necessidade de ampliação da capacidade operacional das máquinas utilizadas para pulverização. Casali (2012) relata que, atualmente, existem distintos modelos de pulverizadores, desde os mais simples, do tipo costal com propulsão humana, utilizados para atender pequenas áreas, até os pulverizadores autopropelidos, os quais possuem fonte própria de propulsão, alta tecnologia e elevada capacidade operacional, capazes de atender grandes áreas com qualidade na pulverização. Portanto, os pulverizadores utilizados nas propriedades rurais, atualmente, diferem basicamente quanto à fonte de propulsão e capacidade operacional.

Os pulverizadores costais manuais e motorizados podem ser considerados de baixa complexidade construtiva quando comparados aos pulverizadores tratorizados ou autopropelidos.

Existem diferentes tipos de pulverizadores manuais. O mais comum deles é o pulverizador costal acionado por alavanca (Figura 3), que tem capacidade do reservatório de calda de 5 a 20 litros e é comumente equipado com bomba de pistão. Para jardinagem, existem ainda pulverizadores menores, que tem de 0,5 a 5 litros de reservatório de calda.

Segundo Boller (2007), os pulverizadores costais manuais sofreram muitos aperfeiçoamentos no decorrer dos anos. Um dos mais consideráveis é a válvula reguladora de pressão, que proporcionou padronização no tamanho de gota gerada pelo pulverizador costal. Este tipo de pulverizador é muito utilizado em olericultura, em pequenas áreas de lavoura e também para realização de pulverização complementar em áreas onde foi previamente realizada pulverização com pulverizadores de barras.



Figura 3 - Pulverizador costal manual acionado por alavanca.
Fonte: Agrotama.

Ainda existem pulverizadores costais motorizados que são máquinas destinadas à aplicações de agrotóxicos em pequenas propriedades e locais de topografia irregular/e ou difícil acesso. Estes são também muito empregados na pecuária para desinfecção de estábulos e tratamento de carrapatos. Esse tipo de equipamento também é utilizado para pulverização em forma de neblina para controle de insetos em cidades. Com a formação de neblina, é mais passível de o inseticida atingir pontos de difícil acesso, já que a neblina formada pelo equipamento desloca-se por meio do vento.

Ainda na década de 1930, nos Estados Unidos, agricultores adaptavam reservatórios de calda de produtos químicos aos tratores para maior rendimento operacional durante as pulverizações. Para Lobo Júnior (2015a), a maior parte dos pulverizadores tratorizados, atualmente, possui composição semelhante, diferenciando-se apenas quanto a tamanhos e formas; porém, o circuito de pulverização é similar ao exposto na Figura 4.

Dornelles et al. (2008) destaca que os pulverizadores hidráulicos de barras são as máquinas mais utilizadas na aplicação dos agrotóxicos e a forma de uso desses equipamentos é fundamental para ação eficaz dos agrotóxicos.

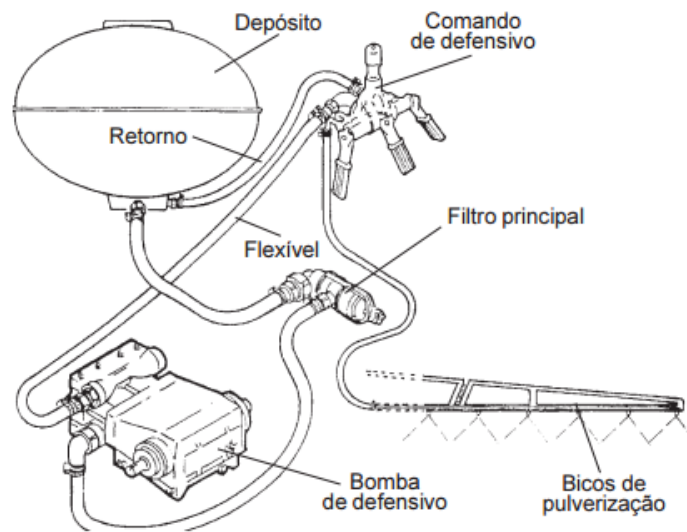


Figura 4 - Representação de um circuito de pulverização contendo os principais componentes de um pulverizador de barras.

Fonte: Manual técnico sobre orientação de pulverização Jacto.

Santos e Santos Filho (2001) apontam como pulverizadores mais utilizados nas principais culturas brasileiras os pulverizadores turbo atomizadores e pulverizadores de barras. Os pulverizadores turbo atomizadores apresentam sistema de assistência de ar, um ventilador de grande vazão de ar que, com o auxílio de defletores, expelle o ar na forma de um leque perpendicular à direção de caminhamento da máquina (Figura 5a). Isso ajuda na locomoção das gotas até o alvo desejado. Neste caso, os pulverizadores hidropneumáticos são comumente utilizados em culturas perenes, na maioria das vezes frutíferas, como maçã, videira, café, laranja, pêssego, entre outras, uma vez que copas grandes e densas – cuja estrutura varia durante as estações do ano - exigem maior energia adicional à pulverização para assegurar uma cobertura completa do alvo.

Já os pulverizadores hidráulicos de barras (Figura 5b) são utilizados, na maioria dos casos, para pulverização em culturas anuais, como grãos, fibras, pastagens, etc. Atualmente, os pulverizadores de barras são as máquinas mais utilizadas na aplicação de agrotóxicos, no Brasil.

Segundo Boller (2007), a partir da década de 1970 o mercado brasileiro de pulverizadores hidráulicos de barras passou a contar com diversos modelos, porém isso não aumentou a qualidade das aplicações. A partir da década de 1980, foram introduzidas novas tecnologias em pontas de pulverização e entre elas estão bicos

rotativos para aplicação de herbicidas sistêmicos utilizando taxas de pulverização em torno de 50 l.ha⁻¹.



Figura 5 - a) pulverizador hidropneumático da marca Herpa (Fonte: Herpa) e b) pulverizador de barras rebocado da marca Jacto.
Fonte: ViaRural

A seleção do pulverizador a ser adquirido deve considerar a cultura e o local de cultivo; além disso, a forma de uso desses equipamentos é fundamental para a ação eficaz dos agrotóxicos. O uso de doses excessivas de agrotóxicos, a utilização de pulverizadores agrícolas mal regulados e/ou de pontas inadequadas ou desgastadas são fatores que contribuem para a ineficiência das aplicações e, de forma intensa, para a contaminação ambiental.

Estudos comprovam que a intensidade do risco de intoxicação depende da exposição proporcionada pela condição de trabalho imposta ao trabalhador e pela toxicidade do agrotóxico em uso (BONSALL, 1985). Diagnósticos relacionados à qualidade dos pulverizadores de barras, realizados no Brasil, mostram que grande parte deles não apresentam condições adequadas de uso, comprometendo a eficiência técnica da operação e oferecendo risco de contaminação ambiental, do operador e de alimentos.

A busca por maior precisão e eficiência na pulverização deu origem aos pulverizadores autopropelidos – que possuem incorporação de controladores eletrônicos em sua constituição e elevada capacidade operacional para atender grandes áreas com qualidade.

Pulverizadores autopropelidos, também chamados de pulverizadores automotrizes ou autopropulsados, são máquinas utilizadas em operações de aplicação de defensivos agrícolas em áreas relativamente grandes (BOLLER, 2007).

2.2 Pulverizadores Autopropelidos

O primeiro pulverizador autopropelido, criado por Ray Hagie, surgiu na década de 1940, nos Estados Unidos. O produtor e comerciante desenvolveu o Modelo A (Hagie Model A), com motor de 6,34 kW, com barras com aproximadamente seis metros e reservatório de calda para 454 litros (Figura 6).

Ray Hagie não tinha a intenção de criar o primeiro autopropelido mundial. Na verdade, suas primeiras peças foram construídas para sua própria lavoura de milho, em Iowa/EUA. Porém, com o sucesso do empreendimento, criou-se a demanda pelo seu equipamento e ele, então, desenvolveu uma indústria.



Figura 6: - Pulverizador autopropelido criado por Ray Hagie, em 1948.

Fonte: <http://www.hagie.com/Pages/history.aspx>. Acesso em: 07 abr.2015.

Após dez anos construindo pulverizadores autopropelidos e evoluído seus projetos a cada ano, Ray Hagie foi desenvolvendo máquinas com dimensões maiores que a primeira. Exemplo disso é o modelo 260 (Figura 7). Essa máquina

apresentava 932 litros de capacidade do reservatório de calda e barras com até dez metros. Para deslocar toda essa massa, foi utilizado um motor de 17,9 kW.



Figura 7 - Pulverizador autopropelido modelo 260 criado por Ray Hagie no ano de 1958.

Fonte: <http://www.hagie.com/Pages/history.aspx> acesso em setembro de 2015

Cabe destacar que até hoje são produzidos pulverizadores com a marca Hagie, como, por exemplo, o modelo STS16, possuindo reservatório de calda de 7200 litros, motor com 272 kW e barras com 40 metros.

De acordo com Lobo Junior (2011), o início da fabricação dos pulverizadores autopropelidos no Brasil, por empresas brasileiras, ocorreu no final dos anos 1980. Já Boller (2007) foi mais preciso e relata o início da comercialização deste tipo de produto no ano de 1987. O autor também destaca que essas máquinas eram capazes de atender até 30 hectares por hora, o que pode ser considerada uma excelente capacidade operacional para máquinas daquele período.

A fabricação desses primeiros pulverizadores autopropelidos no Brasil acompanhava os modelos argentinos. Na maioria das vezes, os autopropelidos tinham reservatórios de calda de 2 mil litros, operavam em velocidades de 10 a 12 km.h⁻¹ e eram equipados com barras de pulverização de 18 a 20 metros de comprimento (LOBO JÚNIOR, 2011). Contudo, o autor aponta que “o pouco preparo da equipe operacional em tecnologia de aplicação fez com que os primeiros pulverizadores autopropelidos não atingissem resultados melhores em rendimento

operacional quando comparados aos pulverizadores tratorizados” (LOBO JÚNIOR, 2011, p. única). Por isso, o alto investimento nos pulverizadores autopropelidos não era compensado pela pequena diferença de rendimento em relação aos pulverizadores tratorizados, que demandavam menores investimentos e tinham maior facilidade operacional.

A partir de 1990, os pulverizadores autopropelidos contaram com avanços significativos pela introdução da eletrônica embarcada. A agregação de controladores eletrônicos revolucionou, então, a utilização das máquinas na agricultura, otimizando o uso de insumos, aumentando a segurança durante a operação e, conseqüentemente, melhorando as condições de trabalho no campo.

O conceito de agricultura de precisão engloba o manejo de regiões distintas do talhão, considerando a variabilidade de seus atributos, o que é possível com a evolução e popularização de técnicas de georreferenciamento, a exemplo do Global Positioning System (MOLIN, 2001).

O principal objetivo da agricultura de precisão é maximizar a eficiência na utilização de insumos a partir da utilização em máquinas agrícolas de recursos eletrônicos (eletrônica embarcada) e de informática, como, por exemplo, sensores, atuadores, computadores de bordo, controladores de pulverização, controladores de adubação, mapeamento e aplicação via satélite (MENEZES & MARTINS, 2009, p.23).

A partir da introdução do que alguns autores denominam "agricultura de precisão", os agricultores puderam realizar a gestão de suas lavouras não mais como uma área a ser tratada de forma homogênea, mas a partir da consideração das particularidades. Este tipo de manejo teve maior difusão quanto ao uso de fertilizantes, porém já se estende para as outras atividades, como a pulverização.

A aplicação localizada de insumos necessita de uma coleta prévia de dados, em que se traça o mapeamento de fatores ligados à cultura e ao solo. Com a interpretação destes dados, é possível confeccionar mapas que darão suporte para a tomada de decisões e, enfim, efetiva-se a aplicação. Com o auxílio das tecnologias disponíveis atualmente, como satélites, computadores, controladores e sensores, os pulverizadores autopropelidos permitem a aplicação noturna de agrotóxicos com a mesma precisão de sua realização em período diurno. Além disso, também já são utilizadas ferramentas que permitem a redução do uso de agrotóxicos para aplicações específicas, em que um sensor faz a leitura da real necessidade da aplicação e esta é realizada apenas onde existe a planta espontânea.

No Brasil, predominam o uso de dois tipos de pulverizadores autopropelidos: máquinas projetadas originalmente como pulverizadores autopropelidos, que são produzidas em uma linha de montagem e possuem padronização quanto a suas especificações; e pulverizadores autopropelidos adaptados à estrutura de um trator (Figura 8).



Figura 8 - Pulverizador autopropelido montado sobre um trator a partir de componentes de um pulverizador de arrasto.

Fonte: MAX

Mesmo os pulverizadores originalmente projetados para este fim apresentam distinções quanto a sua configuração. Entre os itens que apresentam variação, pode-se citar transmissão mecânica, hidrostática, 4x2 e 4x4, capacidade de reservatório de calda, tamanho das barras de pulverização, vão livre e bitola. Já os pulverizadores adaptados à estrutura de um trator são geralmente de menor porte e têm sua velocidade operacional limitada à velocidade de um trator.

Os pulverizadores autopropelidos originalmente projetados são máquinas complexas (Figura 9). Os reservatórios de caldas podem apresentar capacidades de carga distintas. Quanto às barras de pulverização, cabe destacar que podem ser instaladas tanto na parte traseira quanto no centro e na parte frontal da máquina. Essas barras são equipadas com corpos de bicos múltiplos, com

capacidade para até cinco diferentes tipos de pontas para pulverização. Isso possibilita a troca da ponta de pulverização com rapidez, proporcionando a utilização da ponta adequada a cada demanda específica.

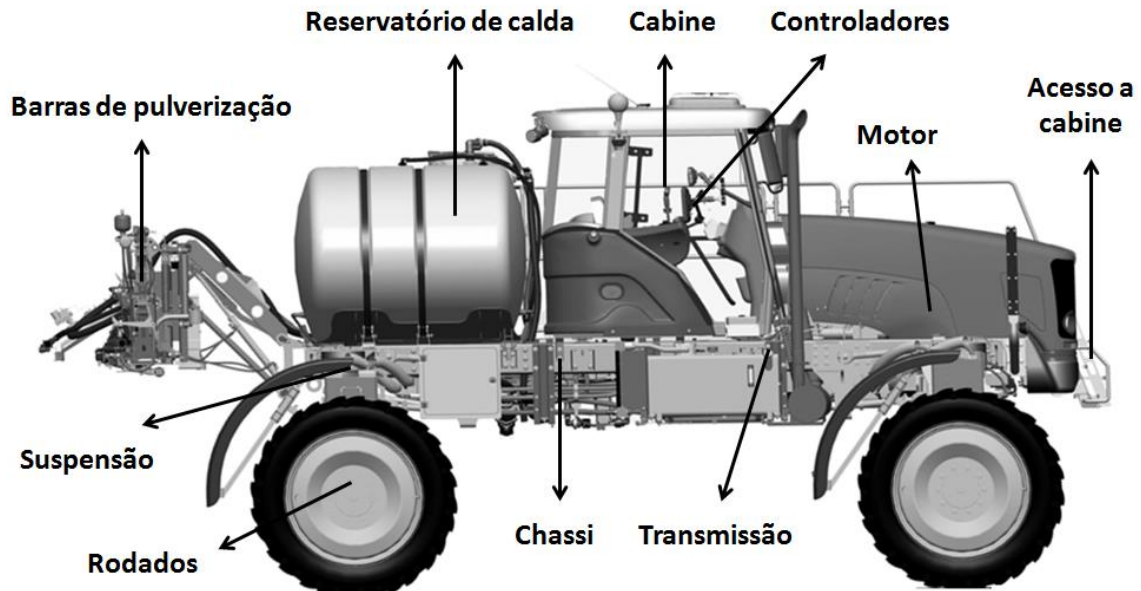


Figura 9 - Representação de um pulverizador autopropelido com destaque para alguns componentes

Fonte: adaptado de Manual de Operação Massey Ferguson 9030

Quanto à velocidade, diferentemente do autopropelido montado sobre um trator, os pulverizadores autopropelidos projetados “são máquinas muito rápidas, de alto desempenho, conseguindo desenvolver velocidades operacionais entre 15 e 30 km.h^{-1} durante a aplicação de agroquímicos” (LOBO JÚNIOR, 2015b, p. única). O autor destaca, ainda, que, em situações favoráveis, é possível alcançar velocidades operacionais próximas dos 40 km.h^{-1} .

No projeto de máquinas agrícolas existem fatores que contribuem diretamente no aumento da eficiência, segurança e, por consequência, diminuem a fadiga dos operadores. Entre estes fatores estão a adequada sonorização, aumento da visibilidade e do conforto térmico, diminuição das vibrações e posicionamento ergonômico dos controles e instrumentos. Sendo assim, a cabine pode ser considerada um importante avanço tecnológico em máquinas agrícolas (SCHLOSSER, 2002).

O posto de operação é o local de interação entre homem e máquina, composto por órgãos de comando e elementos que auxiliam na condução da máquina no ambiente de trabalho (CASALI et al., 2011).

Com sua cabine fechada (Figura 10), o pulverizador autopropelido proporciona conforto ao seu operador, impedindo qualquer contaminação por agrotóxicos, desde que o mesmo tome as devidas precauções quanto ao manejo dos agrotóxicos. Cabe destacar que os prejuízos causados pelo uso inadequado de agrotóxicos ultrapassam o campo econômico, ganhando dimensão social, por exigirem grandes verbas públicas e privadas para atendimento médico-hospitalar das pessoas que entram em contato direto ou indireto com esses produtos.



Figura 10 - Visão interna da cabine do pulverizador autopropelido Gladiador 2300, da marca Stara.

Fonte: Tratorsolo

No Brasil, em torno de 150 a 200 mil pessoas sofrem intoxicações agudas por ano devido ao contato inadequado com agrotóxicos (GARCIA; ALVES FILHO, 2005). Muitas dessas intoxicações se devem a condições inadequadas de uso das tecnologias disponíveis para pulverização dos agrotóxicos. Nesse sentido, a aeração da cabine (pressurizada) do autopropelido, feita através de filtro de carvão ativado, proporciona segurança ao operador. “Visibilidade, espaço, conforto e facilidade no

controle dos sistemas eletrônicos são as palavras-chave para esses avançados equipamentos.” (LOBO JÚNIOR, 2015b, p. única).

Além do conforto, os pulverizadores autopropelidos são máquinas com utilização de muita eletrônica embarcada. A maioria deles contém sistema eletrônico de navegação e controladores para atuar em praticamente todas as funções vitais ao uso da máquina como, por exemplo, acionamento da escada de acesso à plataforma, acionamento e controle da pulverização, abertura e fechamento das bitolas, controle da velocidade de deslocamento, transferência de dados, entre outras. Para Boller (2007), a eletrônica embarcada é uma realidade nos pulverizadores atuais e isso pode ser comprovado pela introdução de controladores eletrônicos da taxa de pulverização e sensores de nivelamento das barras a laser, que promovem a melhoria da qualidade nas pulverizações e aplicações.

Uma característica observada e necessária nesses equipamentos é a grande distância do "vão livre" do solo (*Ground Clearance*), em que na maioria dos pulverizadores autopropelidos é acima de 140 cm, possibilitando realizar aplicações durante todo o ciclo das culturas até a fase final das aplicações sem provocar danos. O Chassi desses pulverizadores tem estrutura leve e muito resistente. O chassi deve ser o mais flexível possível, objetivando suportar e superar as extremas adversidades de terreno (LOBO JÚNIOR, 2015b, p. única).

De acordo com Schlosser (2002), para se obter uma aplicação de agrotóxicos com qualidade deve-se reunir o maior conhecimento possível sobre quatro fatores: máquina, alvo biológico, fatores climáticos e agrotóxicos. Portanto, as máquinas utilizadas para esse fim podem determinar o sucesso da produção.

Nesse sentido, busca-se estabelecer maior conhecimento acerca dos pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil nesta tese. Para isso, uma classificação desse tipo de máquina está sendo aqui proposta, a partir do que já se conhece sobre classificação de máquinas agrícolas – conhecimento revisado no item a seguir.

2.3 Classificação de máquinas agrícolas

Kruglianskas (1996) define tecnologia como o conjunto de conhecimentos necessários para se conceber, produzir e distribuir bens e serviços de forma competitiva. A exemplo de tecnologias industriais, da comunicação e de transportes,

o nível tecnológico em máquinas agrícolas vem crescendo com rapidez, desde a introdução de componentes eletrônicos. A escolha de uma máquina agrícola é regida por sua funcionalidade. Havendo a mesma funcionalidade em mais de um modelo de máquina, outros fatores influenciam em sua aquisição.

Mialhe (1996) afirma que a disponibilidade de informações é essencial a qualquer atividade econômica, em virtude da importância que desempenha no processo de tomada de decisão. Devem ser levantadas todas as alternativas e realizar um procedimento de comparação antes de se proceder a uma escolha.

As máquinas devem estar adequadas ao tamanho da propriedade e às operações a serem realizadas, de modo que, no final, o uso dos equipamentos seja o mais econômico possível. As máquinas selecionadas devem ter capacidade satisfatória para completar todas as operações dentro da janela de trabalho estipulada. Com a produção continuada de máquinas cada vez maiores e mais caras, cada unidade comprada representa despesas também substancialmente maiores (SILVEIRA et al., 2005).

Nesse sentido, muitos são os trabalhos que tratam de classificação de máquinas agrícolas, a partir de diferentes variáveis. Dallmeyer et al. (1998) elaboraram uma metodologia (relação custo/coeficiente tecnológico de semeadoras-adubadoras) para ranquear as semeadoras, considerando as tecnologias existentes nas mesmas.

Na metodologia dos autores, foram comparados itens de diferentes semeadoras, considerando a relação do custo de aquisição e do nível da tecnologia inserido nos componentes. Suas análises recaíram sobre dez itens: mecanismo do sistema de acoplamento, rodados, mecanismos sulcadores, mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes, recobrimento, além de itens de segurança, manutenção e acessórios. Esse estudo foi baseado na avaliação do nível de tecnologia disponível nos componentes por meio da análise de livros técnicos da área, artigos científicos, normas, revistas, catálogos e manuais dos fabricantes, aliado ao conhecimento prático de especialistas. Considerando que não existe no Brasil certificação por meio de órgãos públicos para máquinas agrícolas, o que poderia conferir atendimento a preceitos mínimos de qualidade, trabalhos como o de Dallmeyer et al. (1998) podem auxiliar os consumidores no momento da escolha do modelo de semeadora a ser adquirido.

Considerando outras máquinas, como colhedoras de grãos e tratores, estes já utilizam classificações que estratificam os mesmos de acordo com sua faixa de potência. Em tratores, esta classificação é justificável, tendo em vista que a potência tem relação direta com a capacidade de tração. Como o trator tem como principal função tracionar implementos e máquinas, é plausível que o uso da potência do motor seja uma baliza para a classificação deste tipo de máquina. Em relação aos tratores, Silveira et al. (2008, p.209) apontam que a escolha do agricultor baseia-se “na potência, conforto, facilidade de manobra e manutenção do trator, além do preço” e acrescentam, ainda, a importância da eficiência energética como item a ser considerado. Zoz e Grisso (2003), afirmam que o principal ponto a ser observado nos tratores agrícolas é o desempenho na barra de tração, que é definido pelo produto da força multiplicada pela velocidade de deslocamento.

Nesse sentido, trabalhos como de Silveira et al. (2008) classificam os tratores em relação a sua eficiência energética, medida por meio da tomada de potência. Siemens e Bowers (1999 apud SILVEIRA et al., 2008, p.209) expõem que os custos de combustível e lubrificante representam, no mínimo, 16% dos custos totais das máquinas agrícolas e, dependendo do tipo de combustível e do número de horas trabalhadas, podem chegar a 45%.

Em tratores, a energia produzida no motor é transmitida para as rodas por meio de caixa de câmbio, diferencial, redutores finais e outros elementos. Em todos esses dispositivos, ocorrem perdas. O ensaio em que a transmissão atua e, portanto, a avaliação de sua eficiência pode ser realizada, é o ensaio da barra de tração. As perdas de energia são produzidas durante a transmissão e no contato com o solo (SILVEIRA et al., 2008, p. 211).

Em relação às máquinas colhedoras de grãos, analisar faixa de potência pode não ser suficiente, pois a potência é apenas um dos itens que pode influenciar na capacidade de trilha da máquina. Então, a classificação de colhedoras de grãos utilizando somente a variável potência do motor pode ser deficitária. Segundo a classificação das colhedoras utilizada pela ANFAVEA, as máquinas são divididas conforme a potência de seus motores.

A Tabela 1 contém estas classes, em função da potência nominal de seus motores dada em quilowatt (kW). Nesta tabela, pode-se verificar que não existe regularidade na variação de potência que determina as distintas classes. Além disso, não existe classe maior que 9 (IV).

Tabela 1 - Potência nominal do motor e respectiva classe de colhedora de grãos

Potência (kw)	Diferença de potência (kW) entre as classes	Classe
Menor que 121,7	0	3 (III)
121,7 – 151,2	29,5	4 (IV)
151,9 – 192	40,8	5 (v)
192,8 – 222,3	30,3	6 (VI)
223 – 298,6	76,3	7 (VII)
299,4 – 349,2	50,6	8 (VIII)
Maior que 349,2	?	9 (IX)

Fonte: adaptado de Mazzetto (2008).

Considerando a classificação citada acima, as colhedoras de grãos estariam divididas em sete classes. Porém, com o passar dos anos e a tendência do aumento no tamanho das colhedoras de grãos, essa classificação poderia ficar obsoleta. Ao encontro dessa consideração, a Revista Cultivar Máquinas (2014) apontou a colhedora de grãos modelo CR1090, da marca New Holland, como a primeira colhedora pertencente a classe 10 (X), pois possui uma potência nominal de 479,4 kw, potência esta que está 130kW acima do limite mínimo de uma classe 9 (IX), segundo a ANFAVEA.

Em termos de funcionalidade, a máquina é produzida para "combinar" os processos de colheita e debulha. A CR1090 é fabricada no Centro de Excelência em Colheitas da New Holland, na cidade de Zedelgem, na Bélgica. Ela apresenta até 15% maior produtividade do que o modelo anterior de maior capacidade da marca e, quando comparada com o que foi considerado como alta capacidade a uma década, essa nova máquina apresenta mais de 25% de produtividade adicional, graças aos avanços na colheita e à tecnologia de motores. (CULTIVAR MÁQUINAS, 2014, p.1).

Banchi et al. (2012) avaliaram a capacidade operacional de colhedoras de cana-de-açúcar, levando em consideração mais de uma variável. O objetivo dos autores consistiu em “apresentar uma modelagem da capacidade operacional do sistema de colheita (toneladas por hora) em função da idade operacional das colhedoras (horas acumuladas de uso) e da produtividade agrícola da área a ser colhida (toneladas por hectare)” (BANCHI et al., 2012, p.42), buscando determinar valores mínimos, máximos e médio em cada situação de campo. Para os autores, entender quais são as variáveis que influenciam no sistema de forma significativa e

qual o seu comportamento ao longo do tempo, além de outros fatores, é importante para toda a cadeia produtiva.

Pesquisadores consideram que as características básicas dessas máquinas de grande porte produzidas e/ou comercializadas no Brasil não diferem muito. Contudo, existem diferenças consideráveis de eletrônica embarcada – conteúdo de sistemas eletrônicos de controle e automação. Dentre os equipamentos que podem somar à máquina básica estão os SIGs, GNSS (*global navigation satellite system*), para mapear as áreas de aplicação e identificar espaços de maior necessidade no uso de agrotóxicos. As máquinas podem diferir ainda quanto aos sistemas de tração (mecânicos ou hidráulicos), tipos de pneus (radiais ou diagonais), capacidade do reservatório de calda, chassi e sistemas de suspensão, assim como no posicionamento de cabine, reservatório de calda, barras de pulverização e motor. As barras também possuem variações de acordo com o tamanho da máquina; sua variação se dá em relação ao sistema de abertura, tamanho e materiais utilizados para confecção, entre outros.

Farias et al. (2015) apontam que o motor e a transmissão tornam os pulverizadores autopropelidos autônomos na sua operação e complementam que, para o deslocamento da máquina e o acionamento de mecanismos internos do circuito hidráulico, utiliza-se a potência do motor declarada pelos fabricantes e conhecida como potência nominal.

Diante disso, os autores citam os tipos de transmissões, a capacidade do reservatório de calda, tamanho das barras e vão livre, em função da potência nominal do motor, em 41 modelos de pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil.

Tabela 2 - Classificação dos pulverizadores autopropelidos desenvolvida por Farias et al. (2015), de acordo com a potência do motor.

Classe	Potência do Motor
Classe I	menor ou igual a 80kW
Classe II	maior que 80 até 110kW
Classe III	maior que 110 até 140kW
Classe IV	maior que 140 até 170kW
Classe V	maior que 170kW

Neste caso, existe equidistância entre as faixas de potência que balizam a classificação. Porém, assim como na classificação utilizada nas colhedoras de grãos, existe um limite (classe V) que dificulta a classificação de pulverizadores com potência superior a ele. Esse limite ocasiona que, em pouco tempo, a categorização se torne obsoleta, tendo em vista que existem pulverizadores autopropelidos comercializados fora do mercado nacional com potência por volta de 250kW, o que já estaria fora do limite utilizado nesta classificação.

As transmissões foram classificadas em mecânicas e hidrostáticas; a capacidade do reservatório de calda foi analisada em termos de volume: faixa menor ou igual a 2.000L, entre 2.000 e 3.000L, e igual ou maior que 3.000L; o tamanho das barras foi avaliado por seu comprimento, sob o índice menor ou igual a 21m; entre 21 e 25m e igual ou maior que 25m. Por fim, o vão livre foi analisado segundo os valores médios para cada classe de potência, de acordo com a Figura 11.

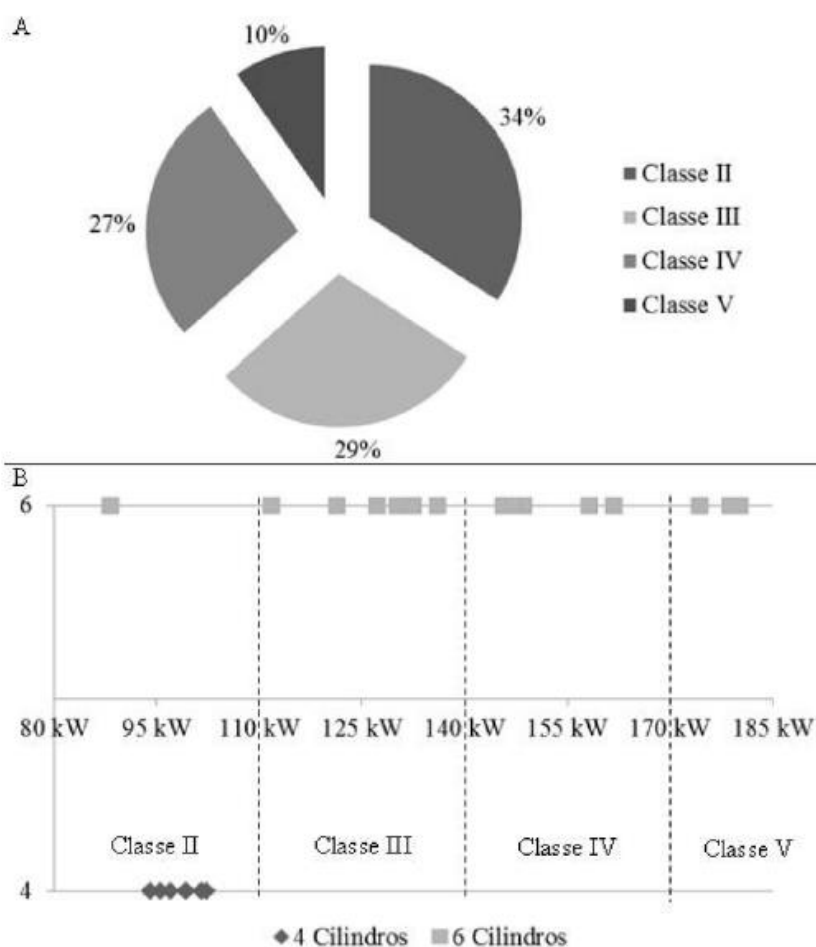


Figura 11 - Distribuição dos pulverizadores autopropelidos quanto às classes de potência (A) e número de cilindros do motor (B).

Fonte: Adaptado de Farias et al. (2015).

Em seus resultados, os autores não encontraram pulverizadores autopropelidos pertencentes à Classe I, o que justificam pela fatia de mercado a que pertence cada fabricante ou importador de pulverizadores. Concluem, ainda, que “com o aumento da potência, os pulverizadores são equipados com transmissão hidrostática e com maiores reservatórios de calda” (FARIAS et al., 2015, p.4).

Muito embora esses resultados sejam pertinentes, cabe considerar que a classificação dos pulverizadores autopropelidos por potência de motor pode estar aquém da classificação por capacidade operacional teórica. Para Silveira et al. (2006), o estudo das operações agrícolas, levando-se em conta a capacidade de trabalho e a eficiência de campo, visa racionalizar o emprego das máquinas, implementos e ferramentas na execução dos trabalhos. A classificação baseada na capacidade operacional teórica também pode ser utilizada para qualquer tamanho de máquina.

O desempenho operacional é um conjunto de informações complexas que definem, em termos qualitativos e quantitativos, os atributos das máquinas agrícolas quando executam operações sob determinadas condições (FOLLE; FRANZ, 1990, apud SILVEIRA, 2006, p. 220). Os autores destacam, ainda, que a capacidade de campo pode ser efetiva e teórica. A capacidade de campo efetiva pode ser entendida como a razão entre o tempo efetivamente usado e o tempo total disponível para o trabalho, quando são consideradas apenas as operações executadas dentro de campo cultivado.

A capacidade teórica de campo é o valor de desempenho obtido se a máquina trabalhasse 100% do tempo, na velocidade ideal para operação, utilizando 100% de sua largura teórica de trabalho. Segundo a ASAE (1998), define-se como capacidade teórica de campo quando uma máquina está desenvolvendo a função para a qual foi projetada a uma dada velocidade e usando toda a sua largura teórica.

De acordo com Smith (1965), os fatores seguintes influem na eficiência de campo de uma máquina agrícola: o método de operação ou padrão de operação no campo; o formato do campo; o tamanho do campo; a capacidade teórica de operação; as condições de umidade e da cultura; a produção do campo na época da colheita e as limitações dos sistemas, razão por que eficiências de campo não são valores constantes para máquinas específicas mas são muito variáveis (SILVEIRA, 2006, p. 221).

A capacidade de trabalho pode ser classificada como: capacidade de campo; de produção; de manipulação, sendo que a capacidade de campo é aplicada a

máquinas e implementos que, para executarem uma operação agrícola, devem se deslocar atendendo a totalidade de uma determinada área. A capacidade de produção estaria relacionada à máquinas com função de atender um volume ou massa de produto por unidade de tempo; já a capacidade de manipulação está associada à separação de materiais (MIALHE,1974).

Deve-se considerar, ainda, que a capacidade de campo é dividida em capacidade de campo teórica, efetiva e operacional, podendo esta divisão ser aplicada aos conceitos de capacidade de manipulação e de produção. Ainda segundo Mialhe (1974), a capacidade de campo teórica pode ser calculada com a Equação 1:

$$Cct = Lc * Vd$$

(1)

Em que:

Cct = Capacidade de campo teórica;

Lc = Largura de corte teórica da máquina (m);

Vd = velocidade de deslocamento teórica da máquina(km.h⁻¹).

No caso citado acima, o termo largura de corte teórica da máquina pode ser substituído por largura de trabalho, que no caso de um pulverizador autopropelido diz respeito à largura útil das barras de pulverização.

Richey et al. (1961) atribuem inúmeros fatores que influenciam na capacidade de trabalho ou de campo das máquinas agrícolas. Entre estes estão a largura de trabalho da máquina, velocidade de deslocamento, potência, resistência ao rolamento, inclinação do terreno, qualidade do trabalho, rugosidade do terreno, obstáculos, porcentagem de tempo parado, tempo gasto em manobras, abastecimento das máquinas, descarregamento de produtos colhidos, lubrificação e reabastecimento de combustível, ajuste ou regulagem das máquinas, afiação das ferramentas de corte durante a execução da operação, reposição das partes desgastadas, embuchamentos e quebras, etc.

Desses fatores, a porcentagem do tempo de paradas é a mais difícil de ser gerida e, conseqüentemente, avaliada. Além da dificuldade de quantificação, o tempo de paradas pode ser distinto para cada propriedade, já que cada uma delas

possui sistemática própria na condução do trabalho. Devido à essa variação, também a eficiência operacional afeta diretamente a capacidade de trabalho de uma máquina e, ainda que se utilize um mesmo modelo de máquina, por causa da variação de condições de cada propriedade, o estabelecimento de valores médios de eficiência fica comprometido.

No caso de pulverizadores autôpropelidos, a capacidade do reservatório de calda é outro fator que afeta diretamente a capacidade de trabalho. Quanto maior for este reservatório, menor será a necessidade de paradas para realização de reabastecimento; porém, quanto maior o reservatório, maior será o tempo necessário para realizar o reabastecimento. Portanto, este fator deve ser considerado no cálculo da capacidade teórica de trabalho.

Diante das variáveis expostas nesta tese, procurou-se estabelecer uma proposta de classificação dos pulverizadores autôpropelidos em relação a sua capacidade operacional teórica, a partir de metodologia específica que segue no próximo capítulo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido no decorrer de três anos, entre 2012 e 2015. Para a coleta de dados, foi necessário visitar 8 feiras de máquinas agrícolas em diferentes regiões do País. Entre as feiras visitadas estão a Expodireto, na cidade de Não Me Toque, e a Expointer, em Esteio, ambas feiras no Estado do Rio Grande do Sul, Copavel, em Cascavel, no Paraná, e Agrishow, em Ribeirão Preto, no Estado de São Paulo.

Com isso, foi possível catalogar os diferentes modelos de pulverizadores autopropelidos comercializados no País até o último ano da pesquisa. Isso se justifica pela grande atualização que os modelos sofrem anualmente, devido às solicitações impostas pelo mercado.

Antes de iniciar o levantamento dos dados necessários para classificação, foi preciso estabelecer preceitos mínimos para seleção das máquinas a serem utilizadas no trabalho. Isso se deve ao grande número de pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil, construídos sem seguir uma padronização, o que torna a classificação dessas máquinas difícil de ser realizada.

Buscando estabelecer as máquinas a serem avaliadas nesta tese, foram estabelecidos os parâmetros a seguir: pulverizadores autopropelidos utilizados em culturas de grãos de sequeiro; que tenham comercialização no mercado nacional; e que sejam produzidos em escala industrial.

Após a verificação dos preceitos citados acima, os pulverizadores autopropelidos selecionados foram catalogados em um banco de dados, utilizando-se uma planilha eletrônica. Este banco de dados foi elaborado baseando-se em informações contidas nos catálogos e manuais de instrução produzidos pelas próprias empresas fabricantes das máquinas, bem como em informações coletadas em outras fontes, como visitas a feiras, espaços nos quais a maioria das empresas fabricantes disponibilizam suas máquinas com as últimas atualizações. Também foram utilizadas informações disponibilizadas em sites oficiais das empresas fabricantes.

Para a coleta das informações e posterior tabulação, foi criada a planilha de campo ilustrada no apêndice A. Com esta planilha, foi possível avaliar as máquinas citadas no apêndice B. Estando de posse dos dados tabulados, foi possível aplicar a

metodologia descrita a seguir e, com isso, distinguir inicialmente quais pulverizadores pertencem a cada classe.

3.1 Capacidade operacional teórica

Para a definição da capacidade operacional teórica dos pulverizadores autopropelidos avaliados, foi preciso estabelecer quais são os principais fatores que influenciam neste tipo de informação.

Considerando a determinação da ASAE (1998), seria necessária a utilização dos fatores velocidade de deslocamento máxima durante a operação e largura total de trabalho. Porém, no caso específico do pulverizador autopropelido também foi considerado o volume do reservatório de calda como fator limitante da capacidade operacional teórica.

Sendo assim, foi utilizada a Equação 2, visando determinar a capacidade operacional teórica de trabalho de cada pulverizador autopropelido comercializado no mercado nacional.

(2)

$$Cot = (Lu * Vom)/10$$

Onde:

Cot = Capacidade operacional teórica (ha.h⁻¹)

Lu = Largura útil (metros)

Vom = Velocidade operacional máxima (km.h⁻¹)

O pulverizador autopropelido normalmente consegue pulverizar todo reservatório de calda em menos de uma hora. Portanto, deve-se considerar o volume do reservatório de calda como parte fundamental na capacidade operacional deste tipo de máquina.

Para considerar o tamanho do reservatório de calda no cálculo da capacidade operacional, foi equacionado o volume do reservatório de calda de cada máquina, utilizando como valor de referência a taxa de pulverização de 100 litros por hectare. Isso se dá pela Equação 3.

(3)

$$C = V/100$$

Onde:

C = capacidade em hectares (ha)

V = Volume de calda do reservatório (l)

100 = taxa de pulverização de referência (l.ha¹)

A escolha do valor de referência (100) foi baseado em experiência prática do autor, que acompanhou o uso destas máquinas em boa parte do território nacional. Siqueira (2009) também utilizou este valor de referência para calcular o prejuízo econômico causado por vazamentos em pulverizadores no Estado de São Paulo.

Com os valores de Cot e C, é possível realizar a média entre os dois valores. Com isso, atribui-se o mesmo peso às características que podem influenciar a capacidade teórica de um pulverizador autopropelido. Utilizando a Equação 4, é possível quantificar a Capacidade Operacional Teórica Combinada (Cotc);

(4)

$$Cotc = (Cot + C) / 2$$

Cotc (ha.h⁻¹)

O valor da Cotc foi utilizado para classificar o pulverizador, conforme a Tabela 3, o que possibilita a comparação de alguns componentes como: tipo de suspensão, tamanho de barra, volume do reservatório de calda, peso, potência do motor, relação entre peso e potência e vão livre.

Após a quantificação da capacidade operacional teórica combinada de cada modelo de pulverizador comercializado no País, o pulverizador foi inserido em sua respectiva classe e, então, foi possível verificar as distinções técnicas, bem como verificar se existe grande diferença entre as classes distintas.

Tabela 3 - Classes de pulverizadores autopropelidos de acordo com sua capacidade operacional teórica combinada (Cotc)

Classe	Cotc (ha.h ⁻¹)
1 (I)	10 a 30
2 (II)	31 a 50
3 (III)	51 a 70
4 (IV)	71 a 90
5 (V)	91 a 110
6 (VI)	111 a 130
7 (VII)	131 a 150
8 (VIII)	151 a 170
9 (IX)	171 a 190
10 (X)	191 a 210

3.2 Posicionamento dos componentes, cabine, reservatório de calda, motor e barras

A maioria das máquinas agrícolas possui sua configuração pré-definida há certo tempo. Como exemplo disso, podem-se citar os tratores em que a grande maioria possui motor frontal, cabine sobre o eixo traseiro, sistema de acoplamento de implementos traseiro e em alguns casos frontal. A Figura 12 ilustra essa forma de configuração.

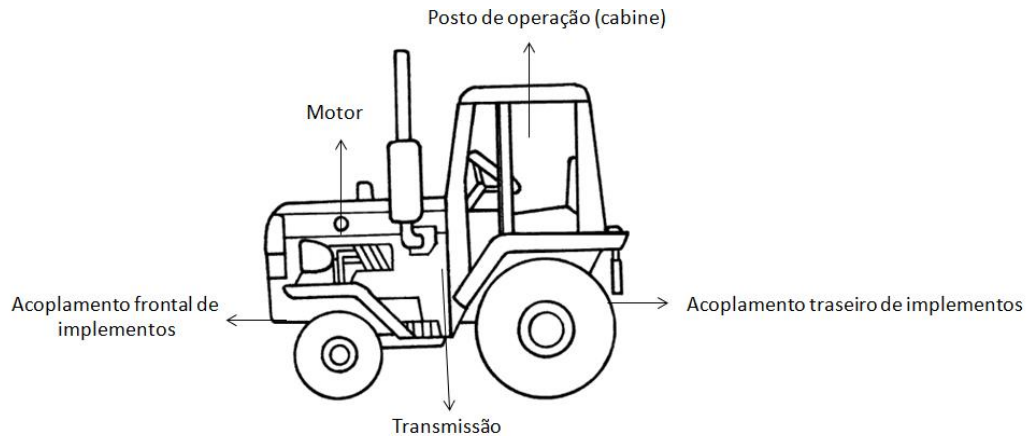


Figura 12 - Configuração e posicionamento de componentes em um trator agrícola 4x2 e 4x2 com tração dianteira auxiliar

Fonte: adaptado de <http://www.midisegni.it/Port/fazenda.shtml>

Neste sentido, as colhedoras de grãos apresentam a mesma forma de configuração já a algumas décadas. Elas possuem uma plataforma de corte frontal, cabine frontal, sistema de armazenagem de grãos superior e motor, sistema de trilha, limpeza e separação posicionados atrás da cabine. A Figura 13 ilustra essa configuração.

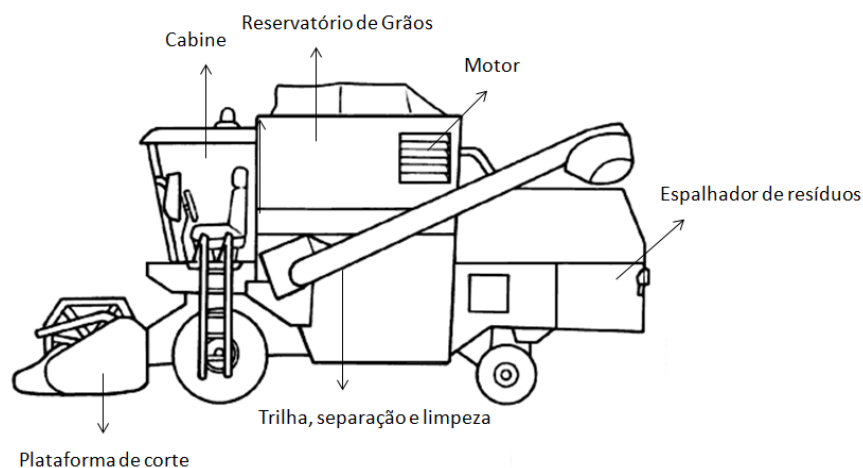


Figura 13 - Configuração e posicionamento de componentes em uma colhedora de grãos

Fonte: adaptado de <http://static.hsw.com.br/gif/how-to-draw-construction-vehicle>

Os pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil não seguem esta tendência de padronização de configuração. Portanto, é importante analisar as diferenças de configuração de cada máquina e também o que cada diferença proporciona como vantagem teórica. Também cabe uma análise das desvantagens que cada diferença pode apresentar. Sendo assim, foi realizada uma análise por configuração dos modelos existentes quanto ao posicionamento da cabine, barras, motor e reservatório de calda.

3.3 Quantificação do nível de pressão sonora dentro da cabine

A ergonomia de máquinas agrícolas é fator de interesse de pesquisadores, empresas fabricantes e clientes. Portanto, foi realizada a análise da diferença do nível de pressão sonora proporcionada dentro da cabine dos pulverizadores comercializados no Brasil, visando verificar a diferença proporcionada pelos distintos posicionamentos dos sistemas motor, cabine e reservatório de calda. Isso foi feito com o intuito de verificar se a alteração no posicionamento afeta de forma significativa a pressão sonora percebida dentro da cabine, ao ponto de extrapolar os limites estipulados pela Norma Regulamentadora NR-15 (2010), no seu Anexo nº 01 (Limites de tolerância para pressão sonora contínua ou intermitente). Os níveis de pressão sonora contínuo diariamente são 8 horas com nível de 85 dB (85 decibéis).

Para a verificação da pressão sonora de dentro da cabine, foi utilizado um medidor de pressão sonora (decibelímetro), que foi ajustado no circuito de resposta lenta (slow) e equalização "A". Esses ajustes foram feitos seguindo a norma NBR 9999 (ABNT, 1987). Foram realizadas medições durante a operação das máquinas em regime de trabalho especificado pelo manual de operação dos pulverizadores. A medida foi realizada a 15 centímetros do ouvido do operador.

No caso em que existia condicionador de ar com distinção de velocidades do fluxo de ar, foram realizadas aferições em todas as velocidades e realizou-se a média entre as medidas. Para as máquinas que apresentaram condicionador de ar com regulagem digital, foram coletadas informações durante diferentes oscilações da velocidade do fluxo de ar.

Para compor uma média e assim afirmar a pressão sonora por posicionamento de motor, foram realizadas avaliações em duas máquinas de

fabricantes distintos, para cada posicionamento de motor (motor frontal, motor central e motor traseiro).

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos e duas repetições, em que cada posicionamento de motor foi considerado um tratamento e para cada tratamento foram avaliadas duas máquinas compondo as repetições. Os resultados foram analisados estatisticamente por meio da análise de variância do teste F e do teste de Tukey. As médias seguidas de mesma letra nas colunas indicam que os valores apresentados não diferiram entre si, a 5% de probabilidade de erro.

3.4 Tipos de suspensão

O sistema de suspensão é de extrema importância para auxiliar na absorção de impactos durante a operação do pulverizador. Isso proporciona maior estabilidade das barras, maior conforto operacional e também auxilia na durabilidade dos componentes como um todo. Os pulverizadores autopropelidos avaliados nesta tese foram classificados quanto ao tipo de suspensão da seguinte forma: item a ser amortecido, tipo de mola e característica do sistema utilizado. A avaliação se deu por meio da análise de imagens coletadas quando foi possível realizar a diferenciação entre os sistemas em cada um dos modelos de pulverizadores autopropelidos.

3.5 Sistemas de transmissão

Os pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil diferem ainda quanto ao sistema de transmissão basicamente em duas formas: sistema de transmissão mecânico e hidrostático. Essa diferenciação pode ser ampliada dentro de cada sistema. Sendo assim, foi realizada a diferenciação destes sistemas e apresentadas as vantagens de cada um. Para a identificação do sistema utilizado por cada máquina, foram coletadas informações em manuais de operação e verificação visual das máquinas nas visitas às feiras de exposição. Essas informações foram catalogadas em um banco de dados.

3.6 Tipos de chassi

Foram verificados quais são os tipos de chassi utilizados nos pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil. Para esse tipo de análise, foram coletadas imagens por meio de fotografias, assim como foram feitas análises visuais dos componentes em pulverizadores expostos nas feiras de máquinas agrícolas visitadas. A distinção entre os tipos de chassi se deu em chassi composto por meio de soldas para união de componentes e chassi composto por meio do uso de parafusos para união de componentes.

3.7 Acesso ao posto de operação e itens de manutenção periódica

A norma regulamentadora NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS (2010), do Ministério do Trabalho, determina como o acesso as máquinas agrícolas deve ser. Porém, essa variável não foi abordada nesta tese. Deu-se enfoque apenas à localização do acesso ao posto de operação assim como aos itens de manutenção periódica. Como o pulverizador é uma máquina que frequentemente está contaminada por agrotóxicos, é importante que os acessos sejam facilitados e também que estejam o mais afastado possível de fontes de contaminação.

Para isso foi utilizada a classificação quanto à exposição das escadas em relação a barra de pulverização quando a máquina estiver com as barras abertas em posição de operação.

Sendo assim, o acesso ao posto de operação foi definido como acesso frontal, quando a forma de acesso está inserida na parte frontal da máquina, e acesso traseiro quando a forma de acesso é disposta na parte traseira da máquina. Tanto no acesso ao posto de operação frontal quanto no traseiro os equipamentos foram classificados quanto ao risco de contato a agrotóxicos.

Essa distinção foi feita em risco de contato ao contaminante elevado (quando o acesso for próximo às barras enquanto a máquina estiver com barras abertas) e baixo risco de contato ao contaminante (quando o acesso estiver distante das barras quando as mesmas estiverem abertas).

3.8 Presença de piloto automático

Os pulverizadores autopropelidos são máquinas que, em geral, apresentam grande quantidade de eletrônica embarcada. Os componentes eletrônicos são responsáveis pelo controle da taxa de pulverização, abertura e fechamento das seções de pulverização, controle do piloto automático, entre outras funções. Acerca disso, foi verificada a presença ou ausência de piloto automático entre os modelos de cada classe. No caso de existir a opção de instalação de piloto automático como item opcional, este foi considerado como item presente no modelo verificado. Sendo este sistema utilizado para manutenção do direcionamento do pulverizador em uma linha traçada virtualmente pela própria máquina, ele pode ser considerado um grande avanço na operação de máquinas agrícolas, tendo em vista que o operador não necessita realizar o direcionamento da máquina durante a operação enquanto o sistema estiver ativado.

3.9 Vão livre

Pulverizadores autopropelidos possuem um grande diferencial em relação a outras máquinas, devido ao seu vão livre em relação ao solo. Essa medida é composta pela distância do solo até o primeiro ponto da estrutura da máquina que possa causar obstrução à passagem da mesma. Com o aumento do vão livre, é possível realizar pulverizações em culturas de porte elevado, como milho, algodão, girassol, etc., sem danificar de forma demasiada as culturas. Com o objetivo de entender melhor como está a variação do vão livre entre os modelos e as classes, foi verificado qual é o vão livre indicado pelo fabricante de cada máquina.

3.10 Visibilidade de dentro da cabine

Para verificação da diferença de visibilidade do operador proporcionada pelas distintas localizações de cabine (frontal, intermediária e central), foi desenvolvido um equipamento que simula a visualização de um operador acomodado sobre o assento do pulverizador (Figura 14). Esse equipamento foi confeccionado tomando como referência o Seat Index Point (SIP), ou seja, possui dimensões baseadas no ponto

que dá referência para a verificação da distância de comandos até posições ergonômicas ao seu uso.

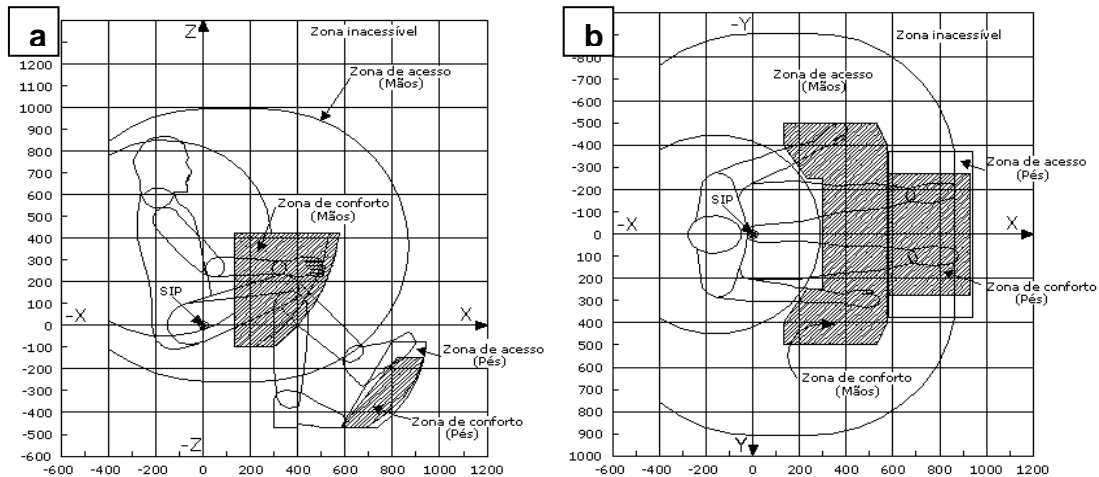


Figura 14 - Posicionamento do SIP e regiões de alcance do operador no plano longitudinal vertical(a) e plano horizontal superior(b).

Fonte: ISO15077.

Este equipamento foi denominado Simulador da Visualização do Operador (SVO). Ele foi confeccionado sobre uma estrutura metálica retangular que serve como base. Nesta base, foi fixada uma haste de 98 centímetros de comprimento com articulação após 10 centímetros da base. Nesta haste, está acoplado um suporte para fixação de uma máquina fotográfica. A articulação situada na haste está posicionada respeitando a posição do SIP. O suporte da máquina fotográfica gira em torno de um eixo e, com isso, é possível fotografar todo o entorno da cabine. Além de girar em um eixo de 360 graus, o suporte de fixação da máquina fotográfica também possui uma articulação no sentido vertical. Com isso, é possível nivelar a máquina fotográfica em diferentes posições (Figura 15). O nivelamento da máquina fotográfica foi feito por meio de um nível de bolha, o qual foi posicionado junto ao suporte da mesma.

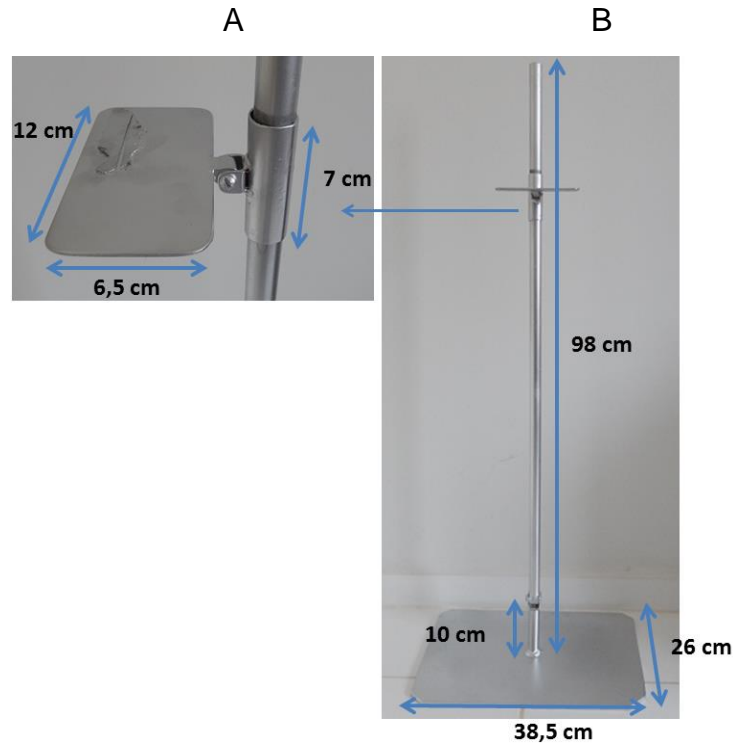


Figura 15 - Medidas do Simulador da visualização do operador e detalhe do suporte para máquina fotográfica (A) que auxilia a simular a visualização do operador, vista frontal (B).

Fonte: Autor

Na Figura 16, é possível observar a articulação do suporte de fixação da máquina fotográfica. Por meio desta articulação, é possível manter o nivelamento da máquina e, com isso, as imagens são coletadas sempre em um mesmo ângulo. Isso possibilitou a padronização na coleta das imagens.



Figura 16 – Articulação do suporte para fixação da máquina fotográfica no Simulador da visualização do operador

Fonte: Autor

Por meio do uso deste suporte e posterior análise das imagens coletadas com auxílio dele, foi possível diagnosticar vantagens e desvantagens proporcionadas por

cada tipo de posicionamento de cabine. A Figura 17 apresenta referências de medidas antropométricas que podem ser quantificadas. O posicionamento da câmera no suporte foi referente à medida "Altura até olhos com o operador sentado".

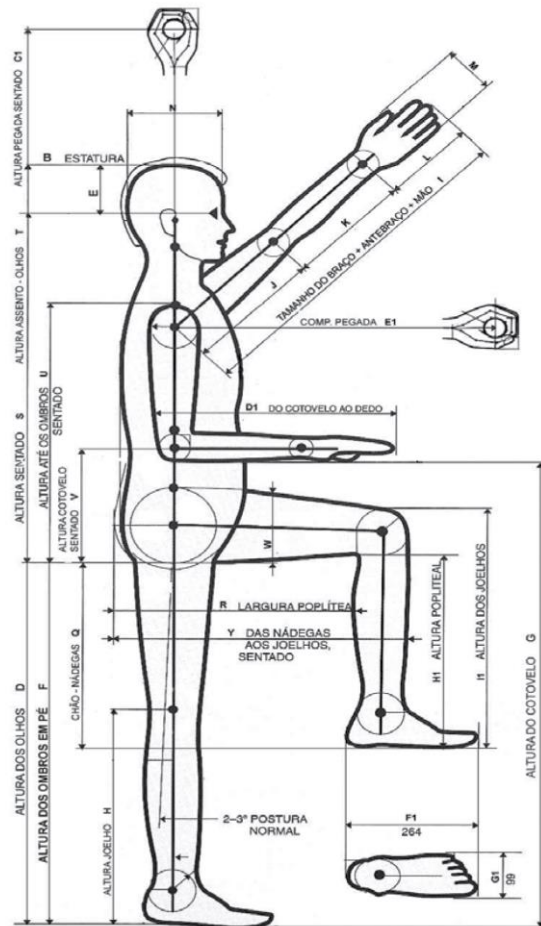


Figura 17 - Medidas antropométricas de referência a um operador de máquinas agrícolas.

Fonte: Fernandes et. al., 2009.

Para Schlosser et al. (2002), podem existir variações no padrão antropométrico em um mesmo país. Portanto, um trator agrícola cujo posto de trabalho esteja dimensionado conforme os padrões definidos pelas normas internacionais pode conferir um ambiente de trabalho inadequado ao operador brasileiro, já que o perfil do operador pode ser distinto, dependendo da região a ser considerada.

Para posicionar a altura correta da máquina fotográfica, de modo que fosse respeitada a altura média de um operador, foi considerada a altura média encontrada por Schlosser et al. (2002), ou seja, 82 centímetros do assento até os olhos. Essa medida foi encontrada para operadores da região central do Rio Grande do Sul. Para aferir esta altura de inserção da máquina fotográfica, foi utilizada uma trena métrica e, com isso, a altura foi mantida em um mesmo padrão para todas as máquinas (Figura 18).

Visando manter os mesmos ângulos para obtenção das imagens, foi utilizado um transferidor. Foram coletadas imagens nos ângulos 0° (frente), 90° (lateral direita) e 270° (lateral esquerda).



Figura 18 - Posicionamento do suporte para máquina fotográfica no assento de um pulverizador autopropelido
Fonte: Autor

Foram obtidas imagens de três máquinas, cada uma possuindo um sistema distinto de posicionamento da cabine (frontal, intermediária e central) e todas com barras traseiras. Também foram obtidas imagens de uma máquina com barra central e cabine frontal.

As imagens foram obtidas simulando a visualização frontal e laterais direita e esquerda, com intuito de verificar as diferenças em relação à visualização do trajeto

a ser percorrido assim como das barras da máquina. O assento do operador foi regulado em posições intermediárias de altura e posicionamento horizontal.

Após coletar as imagens, foi verificada a porcentagem de visualização da barra de pulverização. Isso foi feito por meio da ampliação das imagens e contagem do número de bicos visíveis. Após a contagem dos bicos visíveis, foi quantificada a porcentagem que eles representam em relação ao restante da barra de pulverização.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando demonstrar as marcas atuantes no mercado nacional, foi confeccionada a Figura 19, na qual se pode verificar o ano de início da comercialização dos pulverizadores autopropelidos por marca. Pode-se destacar a empresa ServSpray, pioneira na comercialização de pulverizadores autopropelidos no Brasil, que iniciou a comercialização do modelo Macspray 2000 no ano de 1987. Dois anos depois, a empresa Jacto percebeu a demanda por este tipo de máquina e lançou o primeiro pulverizador autopropelido da marca, o Uniport. Esta nomenclatura até hoje é utilizada pela marca e este modelo hoje conta com três sucessores de distintos tamanhos.

Após alguns anos sem novas empresas entrarem no mercado, as multinacionais John Deere e Case trouxeram suas primeiras máquinas importadas. Na época os modelos em questão eram o John Deere 4700 e o Case SPX 3185, respectivamente. Dando sequência às vendas neste segmento, vieram outras empresas e, com isso, o atual mercado brasileiro oferece cerca de 14 marcas, que utilizam certo rigor em seu processo produtivo e que comercializam distintos modelos de pulverizadores autopropelidos.

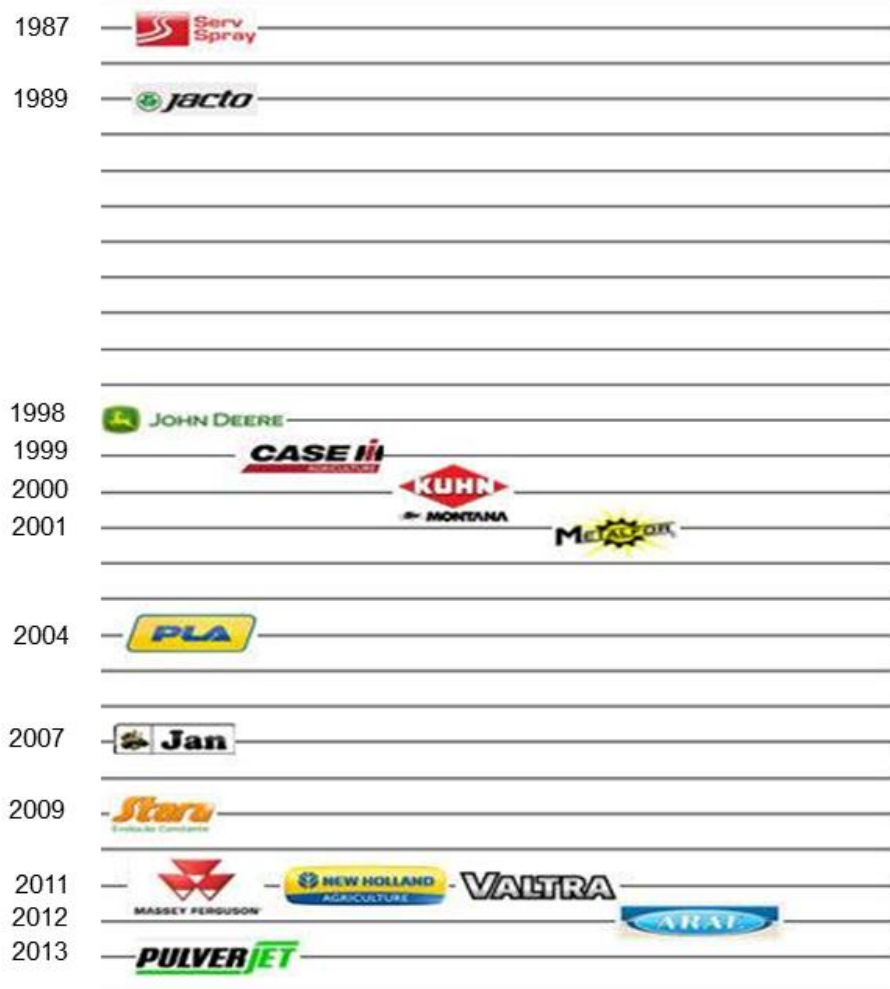


Figura 19 - Marcas que comercializam pulverizadores autopropelidos no mercado nacional e o ano em que iniciaram a comercialização
Fonte: Autor

Esse número relativamente grande de empresas disputando um mesmo segmento favorece o consumidor, que acaba dispondo de um número maior de possibilidades de escolha. São disponibilizados ao mercado nacional 42 modelos de pulverizadores autopropelidos apenas para uso em culturas de grãos de sequeiro. Das 14 empresas abordadas nesta tese, sete também produzem tratores, seis produzem colhedoras de grãos e sete produzem semeadoras. Isso mostra que muitas empresas estão oferecendo ao produtor outras linhas de produtos além do pulverizador autopropelido. Com isso, a possibilidade de fidelização do produtor pelo uso de apenas uma marca aumenta.

Considerando as marcas que atualmente estão comercializando pulverizadores no Brasil, verifica-se que a maioria delas é multinacional, ou seja,

atuam em vários países, inclusive comercializando o mesmo tipo de produto. Mesmo algumas marcas que são nacionais comercializam pulverizadores em outros países, dando ênfase ao MERCOSUL.

4.1 Localização dos sistemas nos pulverizadores autopropelidos

Visando ilustrar de forma mais clara o posicionamento dos sistemas: cabine, reservatório de calda, motor e barras, nos pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil, foi confeccionada a Figura 20. Verifica-se que existem seis tipos distintos de configuração dos pulverizadores comercializados no Brasil, podendo ser atribuídas vantagens e desvantagens para cada tipo de disposição. Isso será abordado nos próximos itens.

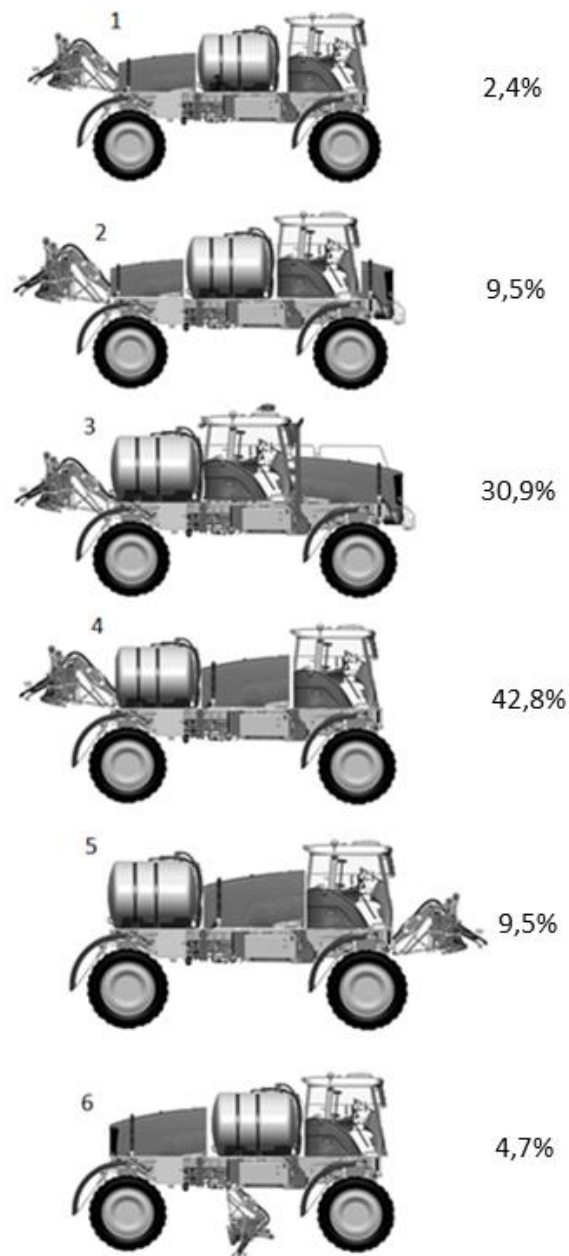


Figura 20 - Configuração dos pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil, onde cada número diz respeito a uma disposição diferente dos sistemas e sua respectiva porcentagem de modelos oferecidos no mercado brasileiro.
 Fonte: adaptado de Manual do operador Massey Ferguson 9030.

O primeiro modelo representado pelo número 1, na Figura 20, possui cabine frontal, reservatório de calda central, motor e barras traseiros. Este tipo de modelo não possui grande representatividade entre os modelos avaliados, sendo responsável por 2,4% das máquinas do mercado. O segundo modelo, com menor representatividade, corresponde à máquina que possui cabine frontal, reservatório

de calda e barras centrais e motor traseiro, modelo representado pelo número 6. Apenas 4,7% dos modelos possuem esta configuração.

Máquinas com barra frontal e cabine frontal, motor central e reservatório de calda traseiro (5) representam 9,5% dos modelos disponíveis no mercado, mesmo percentual de representação do modelo representado pelo número 2, que apresenta cabine intermediária, reservatório de calda central, barras e motor traseiro.

Passando para as máquinas com maior representatividade de oferta no mercado nacional, está a configuração representada pelo número 3, com 30,9%, possuindo motor frontal, cabine central, barras e reservatório de calda traseiro. Já a configuração que tem a maior representatividade, com 42,8%, possui cabine frontal, motor central, barras e reservatório de calda traseiro.

Essas seis configurações estão distribuídas conforme a Figura 21, que apresenta a porcentagem de máquinas existentes no mercado de acordo com sua respectiva disposição de sistemas.

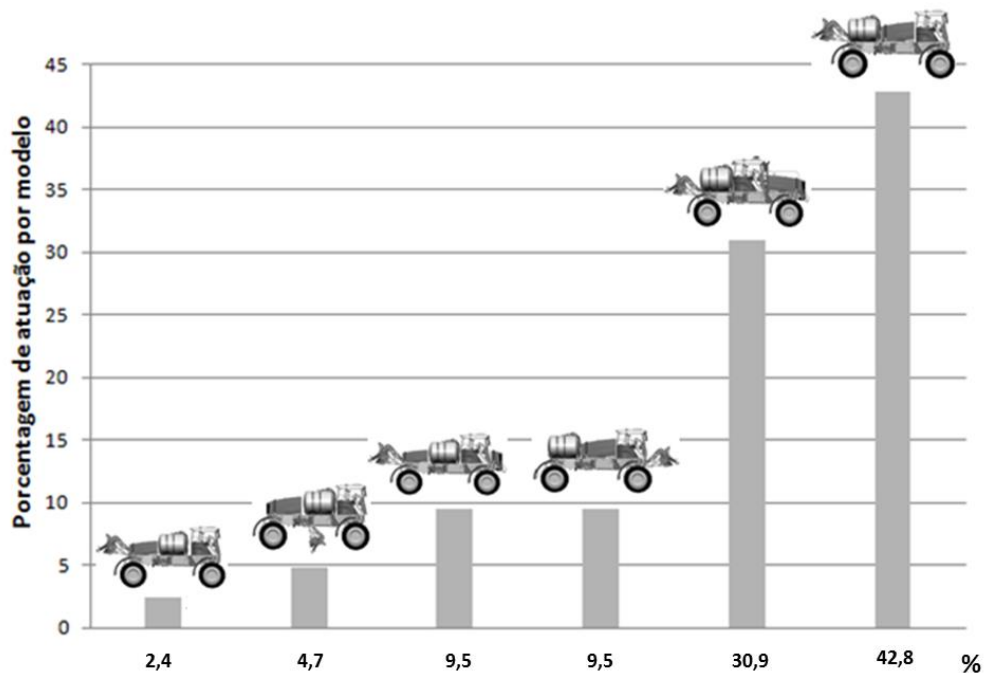


Figura 21 - Porcentagem de máquinas disponíveis no mercado brasileiro e sua respectiva disposição de barras, reservatório de calda, cabine e motor.

Fonte: Autor

4.2 Posicionamento das barras

As barras podem ser encontradas em três posições distintas, frontal, central e traseira (Figura 22). Entre os modelos avaliados, 4,7% apresentam barras centrais, 9,5% apresentam barras frontais e 85,8% apresentam barra na parte traseira da máquina.

Cada um destes posicionamentos oferece certo risco de contaminação da máquina como um todo, sendo considerado a barra frontal como risco elevado de contaminação, barra central como risco moderado de contaminação e barra traseira como risco baixo de contaminação.

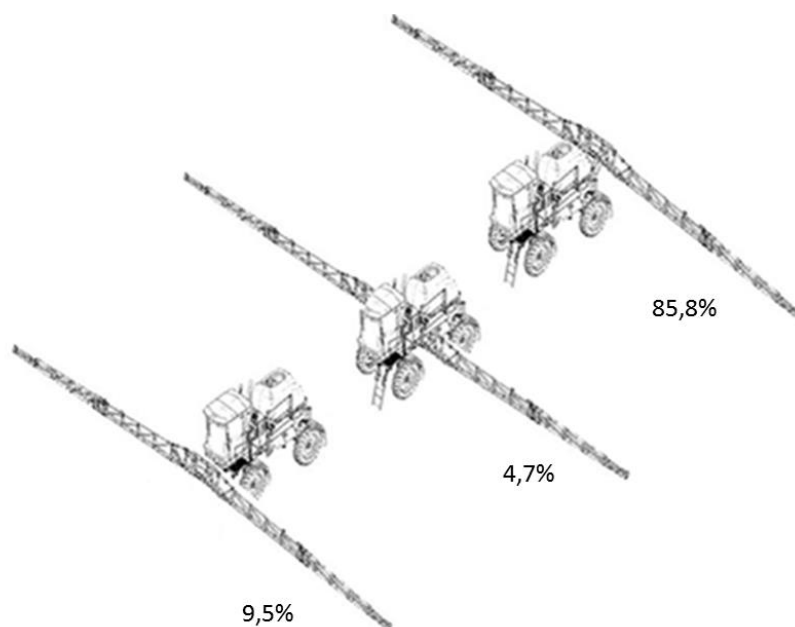


Figura 22 - Posicionamento das barras de pulverização em distintas posições em pulverizadores autopropelidos.

Fonte: adaptado de Norma Regulamentadora n.º 12 PORTARIA No- 197, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2010.

Barras posicionadas na parte frontal da máquina facilitam sua visualização por parte do operador. Isso pode ser uma vantagem operacional, tendo em vista que em locais de difícil acesso e até mesmo ao pulverizar próximo a obstáculos, como cercas e florestas, o operador pode zelar com maior facilidade pela altura ideal de pulverização, evitando ainda colisões com os obstáculos citados anteriormente.

Como desvantagem do uso das barras na parte frontal da máquina está a aderência de agrotóxicos e, por consequência, a contaminação mais severa da

máquina e também maior chance de contaminação do operador. Por isso, o uso deste tipo de barras deve ser evitado. Isso se deve pela estrutura da máquina passar sempre pelo local que já foi pulverizado. Como durante o processo de pulverização são produzidas gotas que podem ser deslocadas por fatores meteorológicos, como o vento, elas podem atingir a máquina com maior facilidade.

Além da contaminação, muitos agrotóxicos causam corrosão dos componentes contaminados. Isso pode afetar a durabilidade destes componentes e, em alguns casos, podem demandar manutenções com maior frequência. Outro ponto importante é que, por apresentar maior contaminação da máquina, será retirada uma maior quantidade de defensivo no momento da lavagem e descontaminação. Isso irá acarretar na contaminação do local, podendo atingir o solo e, conseqüentemente, contaminando o meio ambiente de forma severa.

Barras posicionadas na parte central da máquina podem apresentar um desempenho favorecido quanto à estabilidade, quando comparadas as outras duas opções. O fato de estar no centro da máquina, em que as oscilações que os eixos sofrem pelas irregularidades do terreno não são tão severas, pode ajudar no desempenho das barras. Outro ponto favorável é a melhoria na distribuição de peso da máquina, ou seja, o peso fica mais bem distribuído quando se utiliza a barra no centro da máquina.

Assim como nas barras posicionadas na parte frontal da máquina, as barras centralizadas pulverizam antes da passagem de componentes do pulverizador. Isso facilita a aderência dos agrotóxicos nestes componentes e, conseqüentemente, aumentam a contaminação da máquina (Figura 23).



Figura 23 - Pulverizador com resíduos aderidos na parte traseira da máquina, utilizado para pulverização visando eliminar plantas espontâneas em pré-semeadura da soja na safra 2013/14, no Estado do Mato Grosso, Brasil.

Fonte: Autor

Essa contaminação é agravada quando componentes que necessitam de manutenção diária se localizam em posições de contaminação facilitada pela exposição como, por exemplo motor, pinos graxeiros, tanque de combustível, etc.

Nesse sentido, por mais que seja dada orientação ao operador que utilize EPI adequado para realizar qualquer manutenção nas máquinas, quanto menor for a exposição menor será a chance de, por algum descuido, ocorrer a contaminação.

Barras posicionadas na parte traseira da máquina estão mais sujeitas a sofrerem os impactos gerados pelo eixo traseiro. Com isso, o sistema de manutenção da estabilidade deve ser muito eficiente; caso contrário, qualquer oscilação do terreno poderá comprometer o desempenho da barra, pois ela não irá manter o nivelamento em relação ao solo. Como vantagem, esta posição não proporciona contaminação dos componentes da máquina com a mesma severidade de máquinas com posicionamento das barras na parte frontal e central. Isso irá gerar menor risco de contaminação da máquina assim como menor chance do operador, por algum descuido, se contaminar.

Sendo assim, fica claro que cada posição da barra de pulverização apresenta um benefício ao produtor/consumidor; cabe a ele decidir, no momento de escolha da máquina, qual deles é mais importante.

4.3 Posicionamento da cabine

Além do posicionamento das barras, existe também diferença quanto ao posicionamento do motor, reservatório de calda e cabine. Assim como o posicionamento das barras, o motor pode ser posicionado na parte frontal, central e traseira dos pulverizadores. Já o reservatório de calda pode ser inserido na parte traseira e central, enquanto que a cabine pode ser acoplada na parte frontal, intermediária e central.

A cabine posicionada na parte frontal do pulverizador é caracterizada por não possuir nenhum item a sua frente (Figura 24). Normalmente, este tipo de cabine está alocada sobre o eixo dianteiro da máquina, o que pode gerar um maior desconforto durante a operação da mesma, já que o eixo passa de forma mais acentuada as irregularidades do terreno para a cabine. O posicionamento frontal da cabine também pode gerar certa dificuldade de orientação da máquina durante a operação, já que não existe nenhuma forma de baliza para orientação quando o pulverizador não estiver utilizando sistema de orientação por piloto automático.

Outro ponto que pode dificultar a orientação é a falta de visualização dos rodados dianteiros durante a operação da máquina. A visualização dos rodados é importante para momentos em que não se utiliza o sistema de piloto automático, principalmente durante a operação em manobras de cabeceira. A falta de visualização dos rodados pode favorecer o amassamento das culturas durante as operações, pois o operador depende de sua perícia para evitar este tipo de situação.

Além dos pontos citados anteriormente, a visualização das barras de pulverização é outro ponto que pode ser afetado pelo posicionamento da cabine. Obviamente que a posição das barras também é fundamental para auxiliar nesse tipo de análise. A posição frontal da cabine pode ser mais desconfortável ao operador quando a barra de pulverização for traseira, tendo em vista que a distância da barra até a cabine é maior, o que pode dificultar ainda mais a visualização.

Cabe destacar que as colunas de sustentação da cabine deveriam ser posicionadas de forma que não interfiram na visualização de componentes, como as barras de pulverização. Porém, este tipo de análise não recai sobre o objetivo principal desta tese.

A pressão sonora interna na cabine também é influenciada pelo posicionamento da mesma. Nas máquinas com cabine frontal e motor central, a pressão sonora pode ser maior do que em máquinas com motor traseiro. Nesse caso, a qualidade da cabine é fundamental para que os níveis de pressão sonora permaneçam dentro do limite de 85 decibéis.

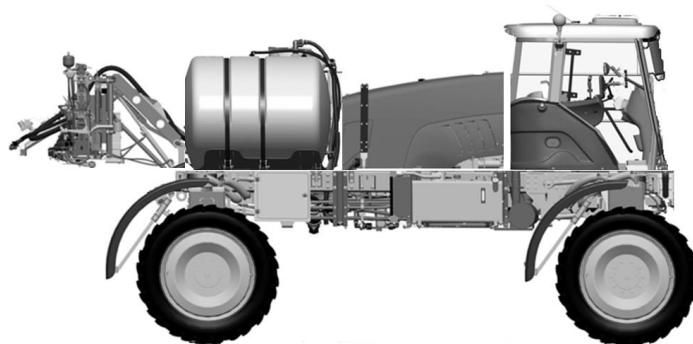


Figura 24 - Pulverizador com posição da cabine frontal, motor central, reservatório de calda e barras traseiras.

Fonte: adaptado de Manual do operador Massey Ferguson 9030.

A cabine denominada de posicionamento intermediário também está posicionada próxima ou sobre o eixo dianteiro da máquina. Porém, existe algum componente a sua frente (Figura 25). Alguns modelos apresentam o tanque de combustível, outros reservatório de água limpa, no que pode ser definido como um pequeno capô. Esse item, apesar de estar na parte frontal da máquina, auxilia, de certa forma, a operação, por funcionar como baliza para orientação do operador. Contudo, por apresentar a cabine sobre o eixo, a visualização dos rodados também é impedida, o que pode proporcionar maior amassamento durante as manobras de cabeceira.

Quanto à absorção de impactos oriundos do eixo dianteiro, o posicionamento intermediário tende a sofrer o mesmo padrão da cabine frontal. Este tipo de posicionamento da cabine pode proporcionar menor pressão sonora ao operador, tendo em vista que o reservatório de calda serve como uma barreira, separando o motor da cabine.

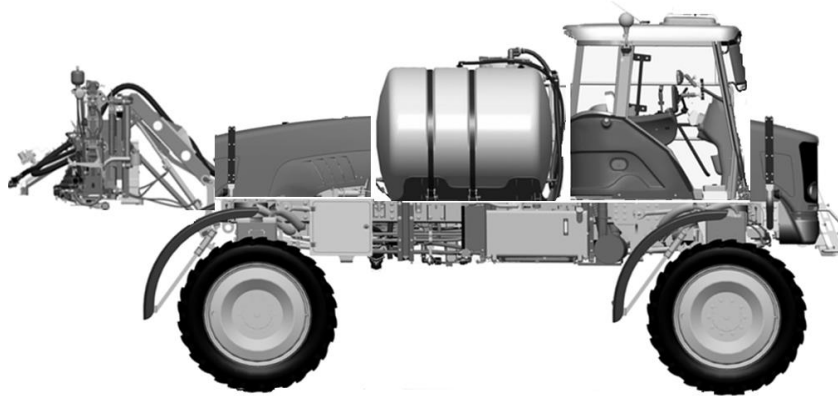


Figura 25 - Pulverizador com posição da cabine intermediária, reservatório de calda central, motor e barras traseiras.

Fonte: adaptado de Manual do operador Massey Ferguson 9030.

A cabine com posicionamento central apresenta grande distância até a parte frontal da máquina, na qual o eixo está alocado. Normalmente, esta distância é preenchida pelo motor da máquina (Figura 26). Por estar no centro da máquina, esta cabine sofre menos com os impactos gerados pelos eixos da máquina e, com isso, este tipo de disposição pode gerar um conforto maior durante a operação do pulverizador.

Outro ponto que pode gerar vantagem operacional é a existência do capô. Este item serve como uma baliza na parte frontal da máquina, auxiliando o operador a guiar a máquina nos momentos que o mesmo não estiver utilizando o sistema de guia automático (piloto automático). Além disso, é possível visualizar os rodados do eixo dianteiro e, então, podem-se evitar amassamentos demasiados durante a operação sem a utilização do piloto automático assim como em manobras de cabeceira.

O posicionamento frontal do motor é o que pode gerar o maior nível de pressão sonora. Portanto, a cabine das máquinas que possuem motor frontal necessita de uma vedação de qualidade para manter a pressão sonora dentro dos limites aceitáveis.

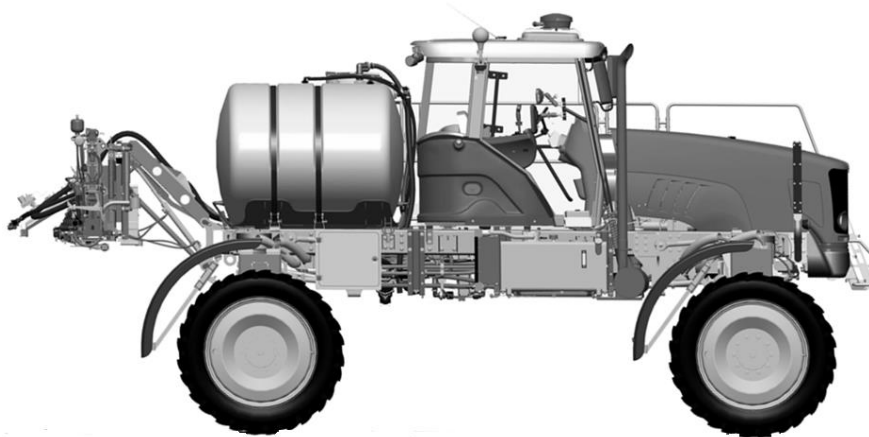


Figura 26 - Pulverizador com cabine posicionada no centro da máquina, motor frontal, barras e reservatório de calda traseiros.

Fonte: adaptado de Manual do operador Massey Ferguson 9030.

4.4 Posicionamento do motor

O posicionamento do motor, além de interferir na pressão sonora dentro da cabine, pode gerar maior ou menor risco de contato ao contaminante, quando realizada a sua verificação. Máquinas com motor posicionado próximo à barra de pulverização irão proporcionar maior chance de contaminação do motor. Isso, conseqüentemente, gera maior risco de contato ao contaminante por parte do operador, já que o mesmo terá que realizar manutenções periódicas neste sistema.

Outro ponto importante em relação ao posicionamento do motor é a forma de acesso ao mesmo. Máquinas com motor traseiro que possuem cabine frontal normalmente não utilizam o mesmo acesso da cabine para o motor. Sendo assim, elas necessitam de outra forma de acesso ao motor (Figura 26), que normalmente não segue o mesmo rigor e qualidade da forma de acesso à cabine, gerando risco de acidentes durante o acesso ao motor para realização de verificações diárias. Além disso, essas escadas, por estarem dispostas próximas a barra de pulverização, oferecem risco elevado de contato ao contaminante. Isso é agravado pelo fato do acionamento destas escadas ser manual, obrigando o operador a manusear a mesma e, caso o operador não estiver utilizando EPI para realizar as manutenções no motor, ele estará se contaminado. Além disso o operador irá contaminar a parte interna da cabine.

Analisando a Figura 27, fica clara a diferença encontrada na confecção das escadas de acesso ao posto de operação (D, E e F) em relação às escadas de acesso ao motor (A, B e C). As escadas de acesso ao motor normalmente possuem acionamento manual enquanto as escadas de acesso à cabine possuem acionamento eletro-hidráulico, por meio de teclas de acionamento de dentro da cabine. O acionamento eletro-hidráulico facilita a operação e, considerando que durante a jornada de trabalho o operador sobe e desce do pulverizador inúmeras vezes, o acionamento das escadas é considerado um item de uso frequente. Assim, quanto mais ergonômico ele for, menor será a fadiga do operador.



Figura 27 - Escadas de acesso ao motor com acionamento manual (A, B e C) e escadas de acesso as cabines com acionamento eletro-hidráulico (D, E e F) de três máquinas comercializadas no mercado brasileiro.

Fonte: Autor

4.5 Pressão sonora dentro da cabine

Visando embasar as considerações sobre a pressão sonora dentro das cabines, foram realizadas medições em máquinas que possuem as especificações citadas anteriormente. Nessas medições, foi possível comprovar que máquinas que possuem motor traseiro tendem a proporcionar menor pressão sonora ao operador, enquanto que máquinas que possuem motor frontal e motor central tendem a conferir maior nível de pressão sonora ao ouvido do operador.

A Figura 28 diz respeito à média de pressão sonora que cada tipo de máquina proporcionou. Cabe destacar que foram realizadas três medições, sendo uma para cada modelo. Como as empresas fabricantes são distintas, a qualidade da cabine também pode afetar a pressão sonora dentro da cabine.

Ao contrário do que foi encontrado por Silva (2004), que realizou a avaliação de três colhedoras de grãos, quando todas apresentaram pressão sonora acima do nível máximo estabelecido pelas normas técnicas, no caso dos pulverizadores autopropelidos avaliados, nenhum apresentou pressão sonora superior ao limite máximo de exposição para uma jornada de 8 horas de trabalho: 85 decibéis. Mesmo assim, deve-se considerar que máquinas com motor traseiro tendem a proporcionar menor pressão sonora, devido à separação proporcionada pelo reservatório de calda.

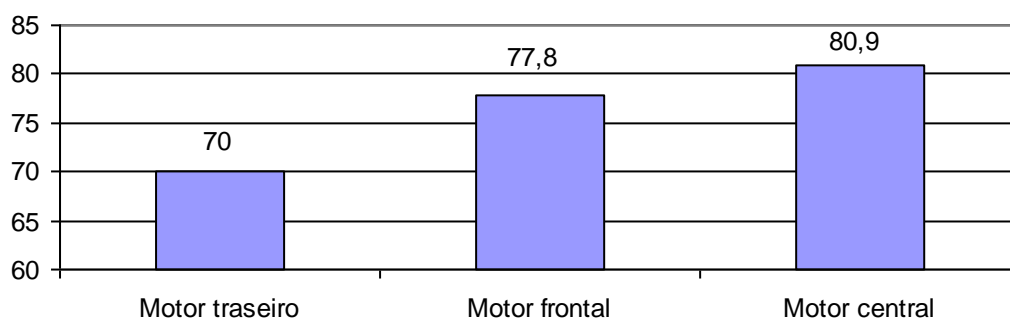


Figura 28 - Nível médio da pressão sonora em decibéis (dB) medida dentro da cabine de pulverizadores autopropelidos em operação.

Fonte: Autor

O valor medido para máquina com motor traseiro pode ser comparado ao encontrado por Tanaka et al. (2012), que verificou pressão sonora média de 71 decibéis para um pulverizador com essa característica de montagem.

Tabela 4 – Pressão sonora (dB) ao ouvido do operador em pulverizadores autopropelidos em operação e com utilização do condicionador de ar em fluxos distintos.

Velocidade do fluxo de ar	Motor Traseiro		Motor Frontal		Motor Central	
Vel. 0	69,1	68,7	76,1	78,9	80	79,4
Vel. 1	70	70	76,3	78,9	80,4	80,6
Vel. 2	70,5	70,6	76,7	79,3	81,7	81,4
Vel. 3	70,9	70,6	77,3	79,2	82,1	82
Média por máquina	70,1	69,9	76,6	79	81	80,8
Média por posicionamento de motor	70		77,8		80,9	

Em relação à comparação das médias entre os distintos posicionamentos de motor, foi observada diferença significativa entre máquinas que possuem motor traseiro em relação às demais. Isso pode ser observado na Tabela 5, em que as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5 – Valores médios do nível de pressão sonora para distintos posicionamentos de motor

Posição do motor	Nível de pressão sonora
Central	80,9a
Frontal	77,8 a
Traseiro	70b
F calculado = 64.8	C.V.(%) = 1.29

Médias seguidas de mesma letra nas colunas indicam que os valores apresentados não diferiram entre si, a 5% de probabilidade.

4.6 Tipo de chassi utilizado

O chassi dos pulverizadores autopropelidos pode ser basicamente de duas formas: rígido (Figura 29) e flexível (Figura 30). Para Campos et al. (2014), o chassi deve ser resistente em nível estrutural, com o objetivo de suportar as cargas dinâmicas que são geradas pelos esforços externos, e flexível o suficiente para se deformar, sem que haja dano estrutural à máquina quando esta está submetida a cargas elevadas.

Dos pulverizadores avaliados nesta tese, apenas 21% possuem chassi flexível, com as características citadas anteriormente. Por ser uma máquina que transpõe muitos obstáculos, como terraços de distintos tamanhos, o chassi do pulverizador sofre muito esforço. Com isso, o projeto de chassi que utiliza sistema flexível (união de componentes por parafusos) tende a torcioner no caso em que a máquina necessitar transpor algum obstáculo de grande elevação como, por exemplo um terraço. Isso pode gerar maior durabilidade da máquina como um todo.



Figura 29 - Chassi rígido (A) com união do eixo ao chassi por meio de soldas(B).
Fonte: Autor

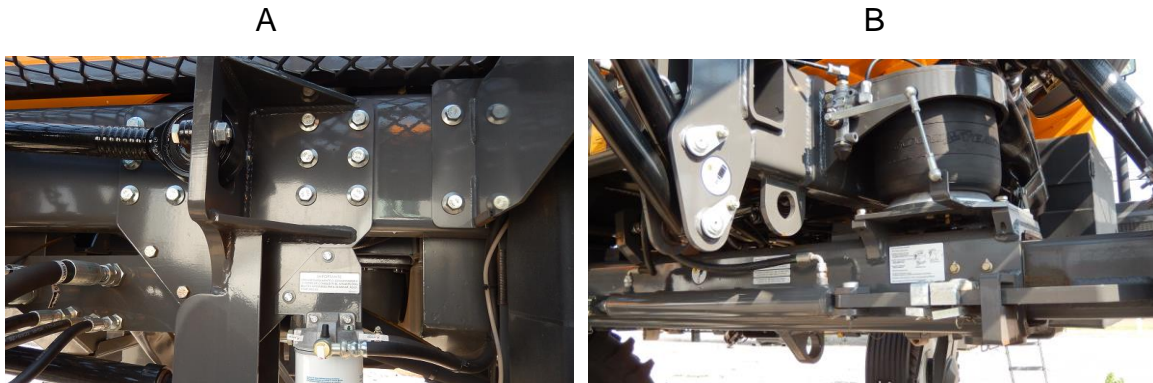


Figura 30 - Chassi flexível com união de componentes por meio de parafusos (A), união do eixo ao chassi por meio de itens com articulação(B).

Fonte: Autor

4.7 Visibilidade do operador

Por meio do SVO, foi possível coletar as imagens que compõem as Figuras 32, 34, 36 e 38. Nelas, pode-se observar os efeitos que o posicionamento da cabine implica na visualização de componentes do pulverizador. Segundo Menegas et al. (2006), o uso da cabine afeta o campo de visão do operador em áreas mais próximas do seu redor, tendo em vista que ele dispõe de mais atenção nesta região durante a jornada de trabalho. Em se tratando de pulverizador autopropelido, a região de atuação das barras de pulverização deve estar dentro deste campo de visão, assim como a visualização de uma referência para auxiliar o deslocamento para frente.

4.8 Visibilidade em máquina com cabine frontal e barras traseiras

Este tipo de máquina tem a cabine sobre o eixo dianteiro da máquina (Figura 31) e não apresenta nenhum ponto de referência que possa servir como baliza ao operador, auxiliando o mesmo a manter a máquina nos rastros já formados. Isso pode ser um agravante operacional nos momentos em que não for utilizado o piloto automático assim como em manobras de cabeceira.

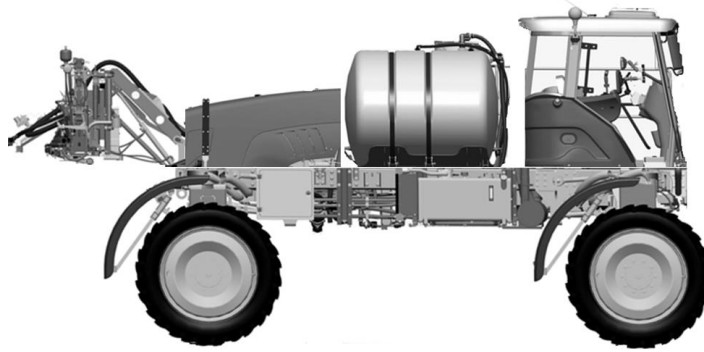
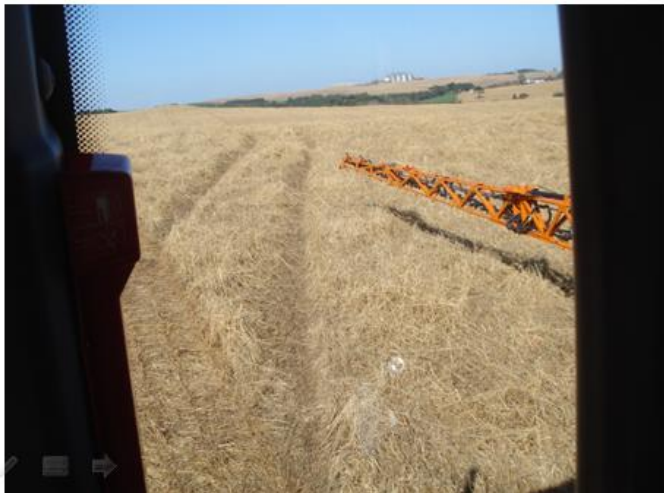


Figura 31 - Máquina com cabine frontal e barras traseiras.
Fonte: Adaptado de Manual de Operação Massey Ferguson 9030

A Figura 32 remete à visualização frontal e lateral de um pulverizador com cabine frontal. Nela, pode-se verificar que não existe ponto de referência na frente da máquina. Também é possível verificar uma excelente visualização das barras, principalmente nas extremidades. Mesmo assim, é possível verificar que as colunas da cabine acabam por reduzir a visualização da parte das barras mais próximas ao centro da máquina. A porcentagem de visualização da barra foi de 43,47%.

(A)



(B)



(C)

Figura 32 - Visibilidade frontal (A), lateral direita (B) e lateral esquerda (C) de um pulverizador com cabine posicionada na parte frontal da máquina.

Fonte: Autor

Outro ponto a ser desejável é a inexistência de colunas obstruindo, de maneira significativa, a visualização das barras. Por mais que esta cabine esteja posicionada a grande distância das barras, a visualização das extremidades das barras não foi afetada. Portanto, a distância entre cabine e barras não afeta de forma significativa a visibilidade das barras.

Por meio do SVO, foi possível verificar a visualização de dentro da cabine. No entanto, para futuros trabalhos utilizando esta ferramenta, recomenda-se a utilização

de câmera fotográfica com recurso de fotos panorâmicas. Com isso, será possível ter uma noção maior da visualização do operador.

4.9 Visibilidade em máquina com cabine intermediária e barras traseiras

Neste tipo de configuração, existe um componente que confere certo "bico" na parte frontal da máquina (Figura 33). Este componente pode auxiliar o operador no momento de manter a máquina no mesmo rastro quando a direção estiver em modo manual.



Figura 33 - Máquina com posicionamento de cabine intermediário e barras traseiras.
Fonte: Adaptado de Manual de Operação Massey Ferguson 9030

Mesmo que exista auxílio no direcionamento da máquina, ainda fica comprometida a visualização dos rodados, tendo em vista que a máquina possui a cabine sobre o eixo dianteiro (Figura 34). Assim, em manobras de cabeceira, pode haver maior dificuldade de operação para evitar amassamentos.

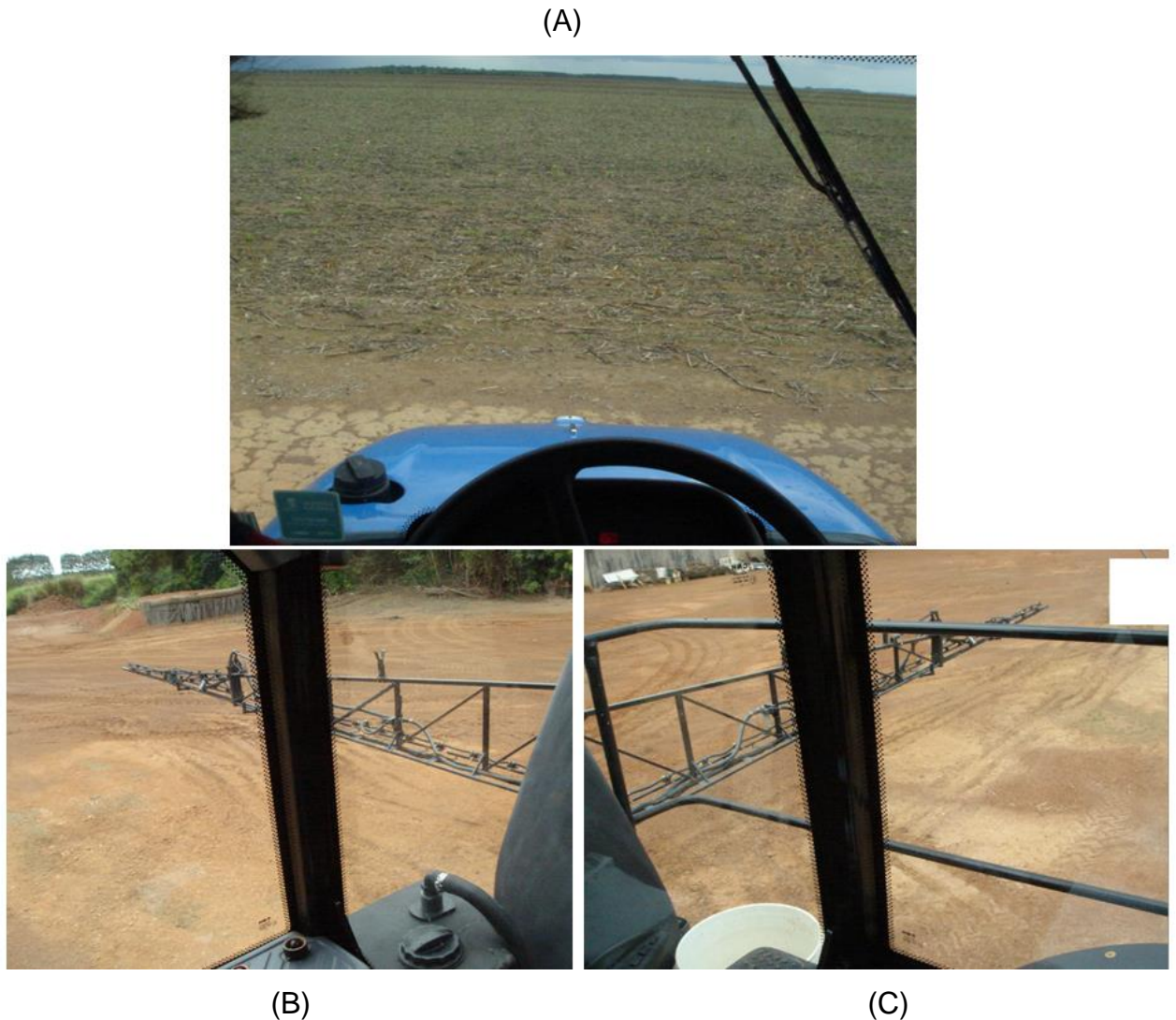


Figura 34 - Visibilidade frontal (A), lateral direita (B) e lateral esquerda (C) de um pulverizador com cabine de posicionamento intermediário e barras traseiras.
Fonte: Autor

Outro detalhe a ser considerado é que, por mais que exista uma coluna de cabine interferindo na visualização de parte da barra de pulverização, ela ainda é bem visível ao operador. Nesta configuração, foi possível visualizar 63,33% das barras, também houve uma boa visualização das extremidades.

4.10 Visibilidade em máquina com cabine central e barras traseiras

Este tipo de posicionamento de cabine apresenta uma grande estrutura posicionada em sua frente (Figura 35). Isso poderia gerar dificuldade de visualização durante o deslocamento da máquina; porém, ela serve como auxílio ao operador.

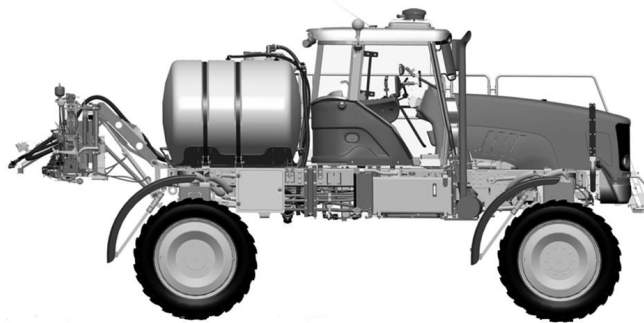


Figura 35 - Máquina com posicionamento de cabine intermediário e barras traseiras.
Fonte: Adaptado de Manual de Operação Massey Ferguson 9030

Este tipo de configuração apresenta um componente de tamanho significativo na parte frontal da máquina. Normalmente, este componente é o capô do motor (Figura 36). É possível utilizar, então, esse componente como baliza de auxílio na orientação, quando a máquina está em deslocamento sem uso de piloto automático. Esta mesma orientação é utilizada por operadores na condução de tratores. Este tipo de configuração possibilitou uma visualização de 65% das barras de pulverização, sendo o maior percentual entre as configurações avaliadas.

(A)



(B)

(C)

Figura 36 - Visibilidade frontal (A), lateral direita (B) e lateral esquerda (C) de um pulverizador com cabine de posicionamento central e barras traseiras.
Fonte: Autor

4.11 Visibilidade em máquina com cabine frontal e barras centrais

Devido à pequena distância entre a cabine e as barras (Figura 37), este tipo de configuração deveria proporcionar ao operador uma excelente visualização das barras.

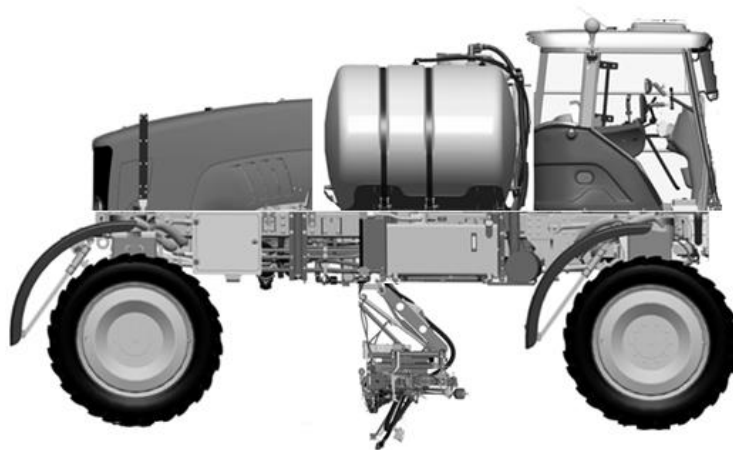


Figura 37 – Máquina com posicionamento de cabine frontal e barras centrais.
Fonte: Adaptado de Manual de Operação Massey Ferguson 9030

Pela visualização da Figura 38, é possível afirmar que independente da distância em que as barras estão da cabine, o que mais importa para facilitar a visualização das barras é o posicionamento das colunas da cabine. São elas que proporcionam a maior barreira para visualizar de forma adequada as barras.

Mesmo o posicionamento da cabine sendo próximo ao das barras, não foi possível visualizar de forma adequada as barras, principalmente as extremidades. Isso irá demandar esforços por parte do operador toda vez que o mesmo desejar visualizar as extremidades das barras. Considerando as imagens expostas, fica clara a necessidade de melhoria na disposição das colunas das cabines avaliadas nesta tese. Isso vem ao encontro do exposto por Schlosser et al. (2011), que relatam a perda aproximada de 35% do campo de visão pela utilização de cabines em tratores agrícolas.

Considerando apenas a visualização das barras, este tipo de configuração apresentou apenas 30% de visualização das barras, mesmo que a distância entre as barras e a cabine fosse menor, se comparada aos outros modelos avaliados.

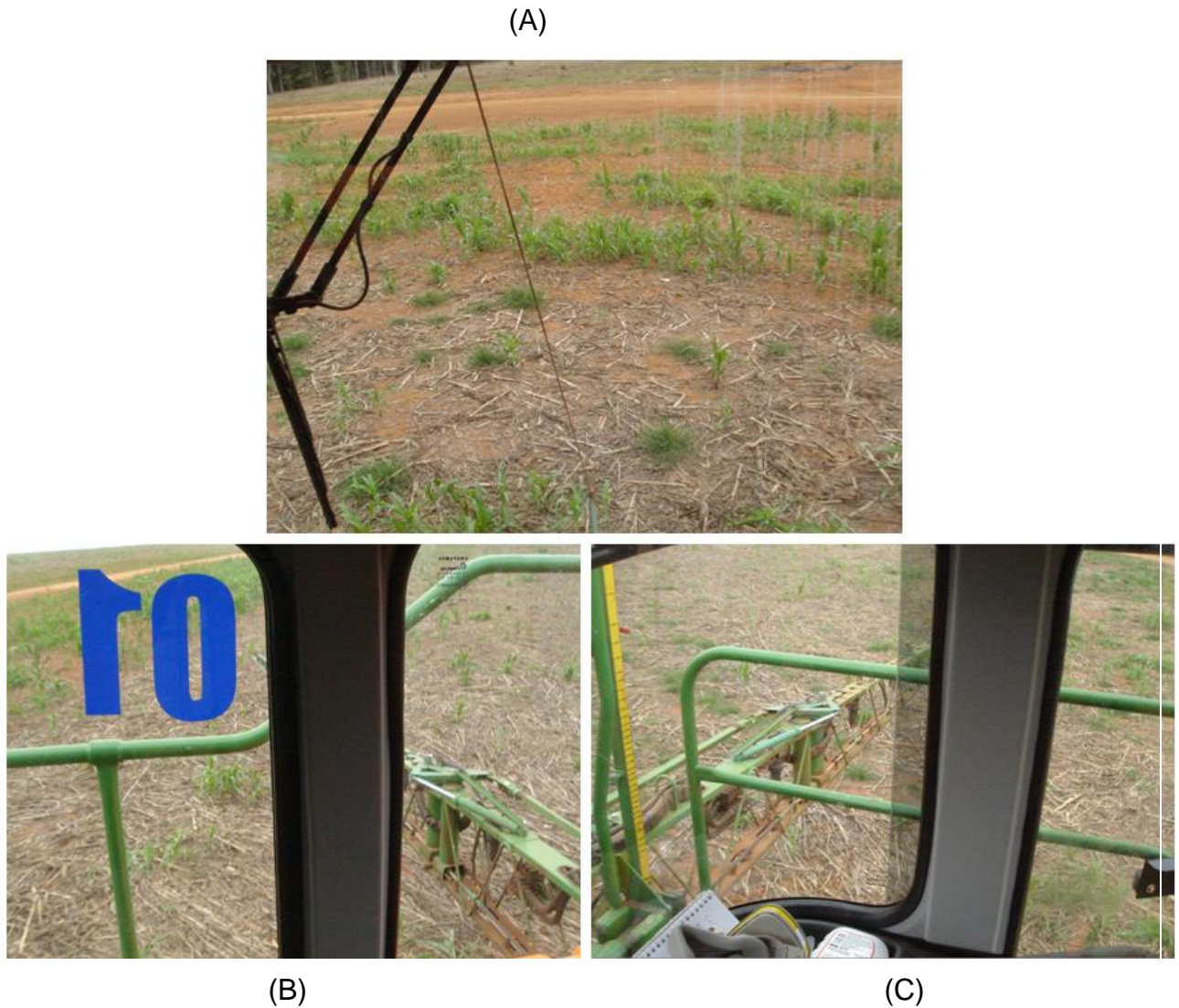


Figura 38 - Visibilidade frontal (A), lateral-direita (B) e lateral esquerda (C) de um pulverizador com cabine de posicionamento frontal e barras centrais.

Fonte: Autor

Como já foi citado anteriormente, o posicionamento frontal das cabines pode dificultar o direcionamento da máquina. Isso pode ser amenizado por meio da adaptação de componentes, como o demonstrado na Figura 39. Essa adaptação permite que o operador mantenha a máquina no mesmo rastro. Cabe destacar que este tipo de adaptação não foi realizada pelo fabricante, mas pelo próprio agricultor. As imagens servem apenas para demonstrar uma necessidade operacional.



Figura 39 - Adaptação de baliza visando auxiliar a orientação do operador durante a pulverização, vista superior (A) e vista frontal(B).
Fonte: Autor

Por meio da ampliação e análise das imagens coletadas, foi possível quantificar o número de pontas de pulverização visíveis. Com isso, foi calculada a porcentagem de visualização das barras. Essa porcentagem pode ser visualizada na Figura 40.

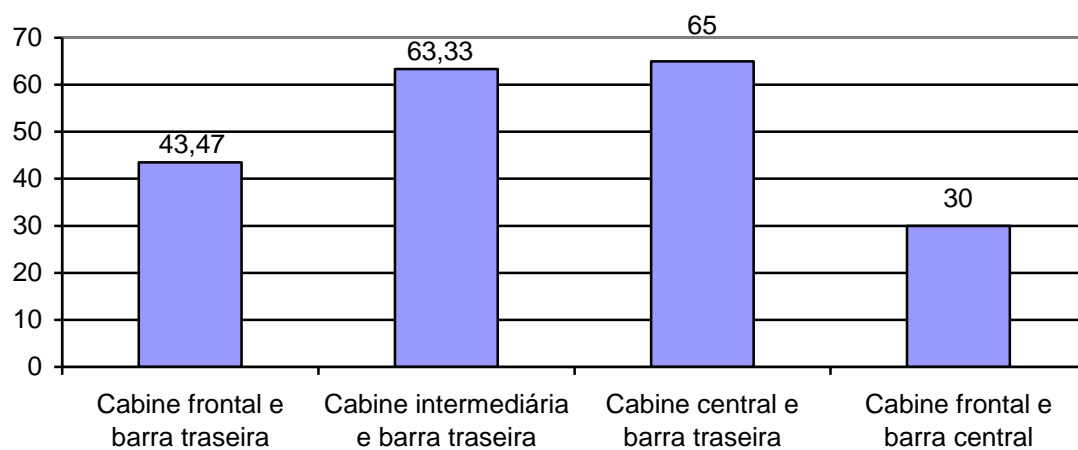


Figura 40 – Porcentagem de visibilidade das barras em distintos posicionamentos das cabines.
Fonte: Autor

4.12 Utilização de piloto automático

Não foram encontrados modelos de pulverizadores autopropelidos destinados a culturas de grãos sem a opção de instalação e utilização de piloto automático, ou seja, todas as máquinas aqui estudadas possuem como opção a utilização deste item. Isto demonstra a alta tecnologia empregada nas máquinas disponíveis no Brasil.

4.13 Sistemas de suspensão

Os pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil diferem-se quanto aos tipos de suspensão. Esta diferenciação ocorre em relação ao tipo de amortecimento (molas metálicas e pneumáticas), localização da mola e item a ser amortecido.

As molas podem ser diferenciadas quanto à sua constituição, como pode-se verificar na Figura 41. Nesta figura, é possível observar o sistema de amortecimento pneumático e o sistema utilizado para deslocamento do eixo como peça única. Neste caso, não existe independência de ação por roda, pois o amortecimento é realizado por meio do deslocamento do eixo como um todo. Quando uma das rodas sofre um deslocamento oriundo de alguma irregularidade (buracos, transposição de obstáculos), a roda oposta também se desloca, devido à rigidez do eixo.



Figura 41 - Sistema de mola pneumática utilizada para amortecimento (A) e eixo articulado (B)

Fonte: Manual do operador Massey Ferguson 9030

Neste sistema de suspensão, a articulação do eixo é muito grande, possibilitando transpor obstáculos como curvas de nível sem proporcionar perda elevada de aderência por parte dos pneus ao solo. Porém, não existe independência de ação entre os pneus, tendo em vista que o eixo se desloca como uma peça única.

O outro sistema existente utiliza molas independentes por rodado (Figura 42). Estas molas podem ser metálicas com auxílio de amortecedor hidráulico ou pneumáticas. Este sistema possui independência de ação por roda, o que permite uma grande absorção das irregularidades do terreno. Segundo Campos et al. (2014), as suspensões estão ligadas às rodas de maneira independente. Sendo assim, se uma roda sofrer algum deslocamento devido à irregularidade do terreno, somente ela será deslocada, permitindo maior estabilidade, melhor aderência ao solo e maior conforto na operação.

Neste caso, o eixo é fixado ao chassi das máquinas, o que as torna menos flexíveis para transpor obstáculos de grande demanda de ação do sistema de suspensão como, por exemplo, curvas de nível de altura elevada. Sendo assim, pode haver perda de aderência dos rodados durante a transposição destas irregularidades no terreno.

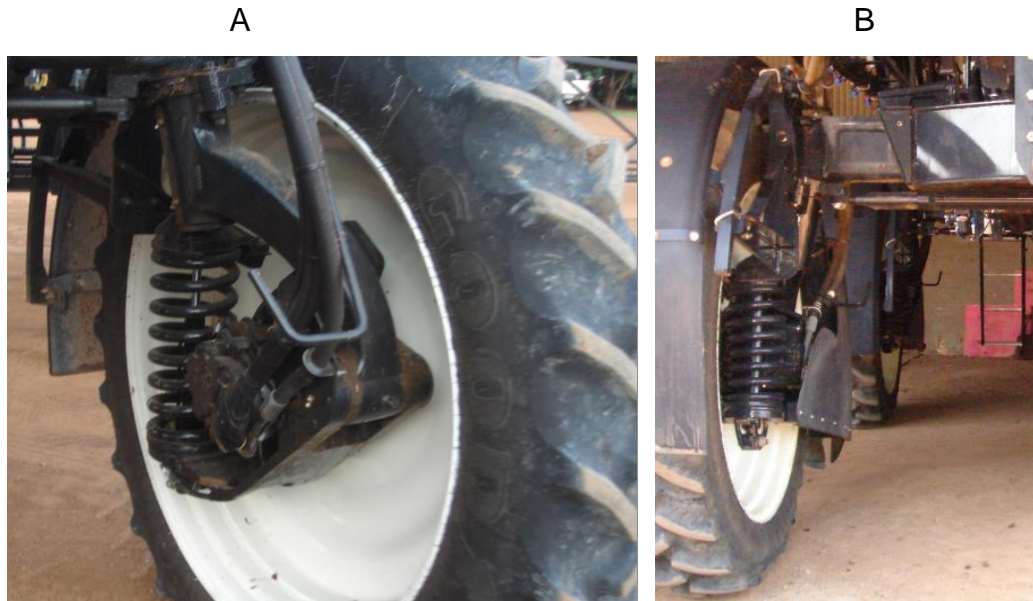


Figura 42 - Sistema de suspensão independente por roda (A) e eixo fixo ao chassi (B).

Fonte: Autor

Considerando o exposto acima, foram feitas distinções entre os modelos em suspensão com independência por eixo e suspensão com independência por rodado. Dos 42 modelos de pulverizadores avaliados, apenas seis, ou seja 14,3%, utilizam sistema de suspensão com independência por rodado, o qual absorve com grande eficiência as pequenas irregularidades do terreno. O restante, 85,7%, apresenta independência por eixo, que possui grande capacidade de transpor obstáculos que demandam maior amplitude de deslocamento das rodas.

Considerando que cada tipo de suspensão oferece um ponto a ser destacado, seria interessante se houvesse alguma máquina no mercado que unisse os dois sistemas. Com isso, ela absorveria com eficiência as microirregularidades e também teria grande capacidade de transpor obstáculos sem perder aderência dos rodados. No entanto, esta máquina ainda não existe no mercado nacional.

4.14 Sistemas de transmissão

Dos pulverizadores avaliados, 35,7% utilizam sistema mecânico de transmissão. O restante, 64,3% utilizam sistema hidrostático. Existem máquinas com sistema mecânico de transmissão nas quatro rodas e em duas rodas. Já as máquinas com sistema de transmissão hidrostático são basicamente com quatro rodas. Estes dois sistemas se diferem basicamente quanto à facilidade de operação.

No sistema hidrostático, não existe sistema de embreagem entre motor e transmissão. Consequentemente, não há nenhum pedal para acionamento durante a troca das marchas. O sistema hidrostático também permite que sejam utilizadas distintas velocidades mantendo a mesma rotação do motor. Isso é muito útil no caso das pulverizações, pois em muitas máquinas a velocidade da bomba de pulverização é atrelada a rotação do motor. Com isso, quanto mais estável a rotação do motor mais estável será a velocidade da bomba de pulverização.

As máquinas com transmissão mecânica normalmente devem ser utilizadas em marchas pré-definidas e rotação de motor fixa, proporcionando uma velocidade adequada. Porém, quando existe a necessidade de desenvolver velocidades elevadas, é preciso trocar de marchas até que seja atingido o desejável. Isso torna a operação deste tipo de pulverizador mais complicada em relação à máquina com transmissão hidrostática.

Quando dotada de transmissão hidrostática, a seleção da velocidade ocorre apenas com o deslocamento do manche até a posição desejada para atingir a velocidade.

Existe, ainda, no mercado nacional, um modelo de pulverizador que possui sistema hidrostático de transmissão, porém com controle eletrônico de velocidade, ou seja, o operador apenas informa a velocidade desejada em um terminal virtual e aciona o manche, sendo que o próprio pulverizador fará a manutenção da velocidade. Este sistema é muito eficaz e tira do operador a responsabilidade de acionar o manche até atingir a velocidade desejada, proporcionando um controle facilitado do tamanho de gota gerado pela máquina, pois a variação da velocidade de deslocamento é muito pequena.

4.15 Tipos de barras e suas peculiaridades

As barras de um pulverizador podem ser consideradas um dos principais itens deste tipo de máquina, tendo em vista que a função do pulverizador consiste em distribuir de forma homogênea o agrotóxico por onde passa. Por possuir uma grande extensão, visando atender a maior área possível, as barras de pulverização necessitam ser dobradas para que a máquina possa trafegar em vias durante o deslocamento até o local a ser pulverizado.

Existem basicamente duas formas para realizar o fechamento das extremidades das barras: recolhimento vertical e recolhimento horizontal. Nos casos em que a barra de pulverização dobra sua extremidade no sentido vertical, é necessário um cuidado extra, pois esta pode atingir grandes alturas e, conseqüentemente, fica possível entrar em contato com redes de alta tensão, ocasionando acidentes graves que podem, inclusive, levar o operador ao óbito.

As barras dos pulverizadores comercializados no Brasil são confeccionadas de distintos materiais, entre eles estão aço, alumínio e fibra de carbono. Também existem barras confeccionadas em parte com aço e em parte com alumínio. Com o uso de materiais considerados inovadores, como fibra de carbono e alumínio, o tamanho das barras vem aumentando. Em menos de duas décadas, o tamanho praticamente dobrou, existindo atualmente barras com até 40 metros de largura sendo comercializadas no mercado nacional.

Ainda existe pouco uso destes materiais nobres na confecção das barras, pois apenas 4,7 % dos modelos verificados utilizam a fibra de carbono como material de constituição das barras. Por sua vez, o alumínio aparece com maior frequência na confecção das extremidades das barras, estando presente em 7,1% das máquinas. Quando é considerada a confecção em alumínio de toda barra, apenas 2,3% das máquinas apresentam esta opção.

Com o aumento da tecnologia empregada nas barras de pulverização, foi possível confeccionar sistemas que auxiliam seu desempenho durante a operação. Exemplo disso são os sistemas de desarme das ponteiros, que possibilitam a retração de uma parte da extremidade da barra, caso ocorra uma colisão indesejada. Isso permite que o impacto seja amenizado e, conseqüentemente, a barra não sofra danos.

Outro sistema que pode contribuir no desempenho das barras durante a pulverização é o nivelamento automático, também chamado de sensor de altura de barras. Estes sistemas têm como função auxiliar na manutenção da estabilidade das barras, assim como manter seu nivelamento, visando manter a distância correta da barra em relação ao solo ou ao dossel vegetativo. Esse tipo de sistema não serve para evitar que as barras entrem em contato com obstáculos durante a operação da máquina, pois auxilia apenas na manutenção do nivelamento da barra. Normalmente este item é oferecido como opcional.

4.16 Classificação dos pulverizadores por meio da Capacidade Operacional Teórica Combinada (Cotc)

Foi calculada a Cotc para cada um dos 42 modelos de pulverizadores avaliados, que se pode ser visualizada na Figura 43. Nela, observa-se a distribuição dos pulverizadores por classe e suas respectivas Cotc. Salienta-se que foi selecionada a melhor especificação de cada modelo, ou seja, se houvesse a possibilidade de dois tamanhos de barras, foi selecionada a máquina com maior tamanho.

Segundo a classificação proposta nesta tese, dos 42 modelos de pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil, 4 são pertencentes a classe 1; na classe 2, contemplam-se 21 modelos; 12 pulverizadores estão classificados como classe 3; e 5 modelos inseridos na classe 4. Não foram diagnosticados pulverizadores em classes superiores a 4.

Pode-se observar certo intervalo de Cotc entre as classes, o que comprova que este tipo de classificação é coerente.

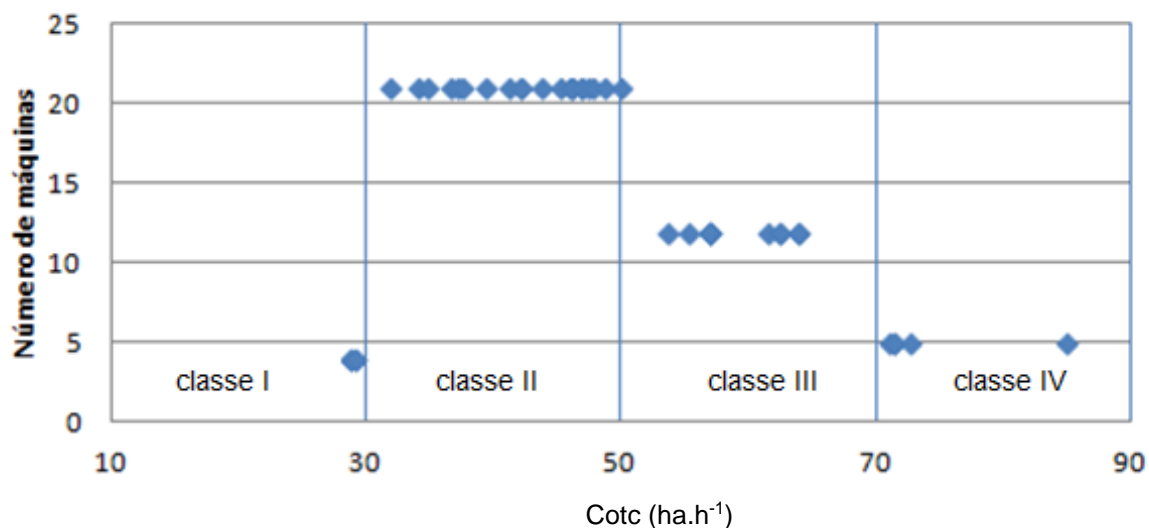


Figura 43 - Distribuição dos pulverizadores em classes segundo sua respectiva Cotc.(ha.h⁻¹)

Fonte: Autor

Após a realização da distribuição das máquinas por classe, foi realizada uma análise mais criteriosa por classe, na qual foram comparadas algumas características técnicas e de constituição dos pulverizadores autopropelidos.

4.16.1 Pulverizadores autopropelidos classe I

Dentro desta classe, foram verificadas 4 máquinas, sendo que a Cotc mínima e máxima apresentada entre elas foi de 28,9 a 29,2 ha.h⁻¹, respectivamente. Fazendo uma análise mais criteriosa sobre alguns itens que as compõem, pode-se observar que o tamanho das barras variou de 21 a 24 metros; já o reservatório de calda possui o mesmo volume para todos os modelos, ou seja 2000 litros. A menor velocidade máxima de deslocamento foi de 16 km.h⁻¹ e a maior foi 18 km.h⁻¹, demonstrando uma amplitude relativamente pequena.

Em relação à transmissão utilizada nesta classe, pode-se observar que 3 máquinas apresentaram transmissões mecânicas e uma apresentou transmissão hidrostática.

A potência do motor ficou entre 94 e 99 kw (128 e 135 CV). A relação peso/potência variou de 54 a 74,8 kg.kw⁻¹. Em pulverizadores autopropelidos, a relação peso/potência deve ser a menor possível, tendo em vista que esta máquina não é feita para tracionar e sim apenas para deslocar sua própria massa. Quanto menor for sua massa, menor será a demanda energética para realizar esta função.

Em relação ao posicionamento da cabine, 3 máquinas apresentaram posicionamento frontal e uma posicionamento intermediário.

Mesmo nessa classe, na qual a Cotc é menor, foi possível observar que todas as máquinas apresentam controlador eletrônico de taxa de pulverização, sendo que duas apresentam desligamento automático das seções na barra de pulverização e todas apresentam a opção de utilização de piloto automático. Isso demonstra que, por mais que as máquinas desta classe apresentem a menor capacidade operacional teórica, elas possuem tecnologias que auxiliam o agricultor a elevar a qualidade da pulverização.

4.16.2 Pulverizadores autopropelidos classe II

Os pulverizadores pertencentes a esta classe apresentaram uma Cotc entre 32 e 50 ha.h⁻¹, o tamanho das barras variou entre 22 e 30 metros e a capacidade do reservatório de calda variou entre 2000 e 4000 litros. A diferença na Cotc se deve a velocidade de deslocamento reduzida da máquina que possui reservatório de calda

com 4000 litros e isso afeta diretamente a Cotc. Quanto à potência do motor, foi verificada uma variação de 88,2 a 132 kw.

Essa grande variação de tamanhos entre as máquinas pertencentes a esta classe leva a inferir que, para que um pulverizador autopropelido possua uma grande capacidade operacional teórica combinada, este deve possuir suas especificações ampliadas de forma coerente, pois que vale ter um reservatório de calda grande se sua velocidade de deslocamento for baixa; assim como não adianta ter barras grandes se seu reservatório de calda for de baixa capacidade.

Sete dos modelos pertencentes a essa classe possuem cabine posicionada na posição intermediária e o restante (14) apresentam cabine frontal. A relação peso/potência ficou na faixa de 54 a 88 kg.kW⁻¹.

Considerando o sistema de suspensão, das 21 máquinas pertencentes a esta classe, apenas duas utilizam o sistema de suspensão com independência por roda, pois o restante utiliza sistema de independência por eixo. Quanto ao vão livre, existe uma amplitude entre 0,9 e 1,8 metros, demonstrando enorme variação entre os modelos.

Desta categoria em diante, todas as máquinas apresentaram piloto automático, desligamento de seções e controlador de taxa de pulverização.

4.16.3 Pulverizadores autopropelidos classe III

Das 42 máquinas classificadas, 12 pertencem a classe três. Nesta classe, foram encontrados pulverizadores com Cotc entre 53 e 64 ha.h⁻¹, a largura de barras variou de 28 a 32 metros, a capacidade do reservatório de calda mínimo para esta classe foi 2650 litros e o máximo foi de 3500 litros. A velocidade máxima de trabalho variou entre 25 e 30 km.h⁻¹, respectivamente.

A potência de motor variou entre 111,7 e 172 kW, ou seja, uma variação de mais de 60kw em uma mesma categoria. Porém, as máquinas que apresentaram esta variação de potência possuem mesma Cotc e são confeccionadas pelo mesmo fabricante. Essa distinção de potência entre dois modelos ocorre pela demanda do sistema de transmissão, que em um modelo é hidrostático e em outro é mecânico. Sendo assim, pode-se considerar que sistemas de transmissão hidrostáticos demandam maior potência que os sistemas de transmissão mecânico. Portanto, se a classificação entre estas duas máquinas levasse em consideração apenas a

potência do motor, elas estariam em classes distintas, mesmo que apresentassem a mesma Cotc.

4.16.4 Pulverizadores autopropelidos classe IV

Fazem parte desta classe cinco dos 42 pulverizadores avaliados. Nestes cinco, a Cotc variou de 71 a 85 ha.h⁻¹. A máquina que apresentou maior Cotc também apresentou o maior tamanho de barra (40 metros). A máquina que apresentou essa barra também possui uma das maiores velocidades de deslocamento, o que acabou gerando este grande valor de Cotc. Além disso, este pulverizador apresentou um vão livre de 1,8m, característica que permite a pulverização em culturas de porte elevado.

O volume do reservatório de calda variou de 3000 a 3500 litros, as barras variaram de 32 a 40 metros, a velocidade de máxima de trabalho variou de 30 a 35 km.h⁻¹; e o vão livre mínimo foi 1,57m e o máximo foi 1,8m.

4.17 Potência do motor e Cotc

A Figura 44 diz respeito à relação entre Cotc e potência do motor. Pode-se observar que existe uma tendência de aumento de potência com aumento de Cotc. No entanto, existem máquinas com elevado Cotc e potência do motor relativamente baixa.

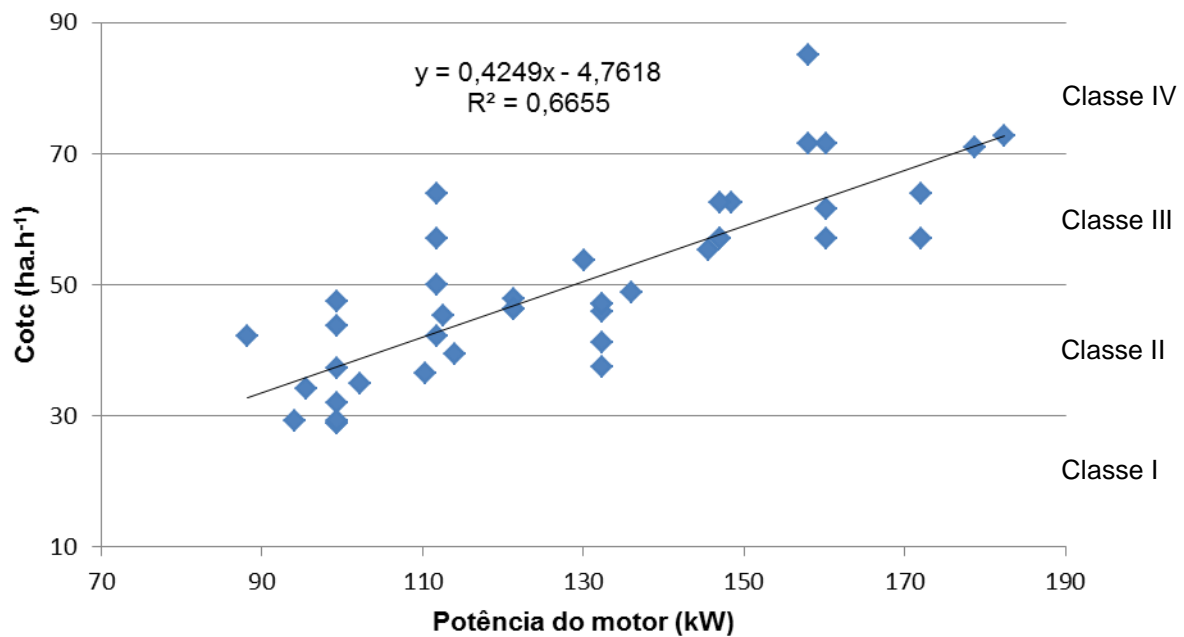


Figura 44 - Distribuição de pulverizadores em suas classes e respectiva potência de motor.

Fonte: Autor

A análise da Figura 44 permite observar que existe certa diferença entre a potência do motor e a Cotc, principalmente na classe III. Considerando a classificação proposta por Farias et al. (2015), na qual é considerada a diferença na potência do motor para diferenciar os pulverizadores, um pulverizador com 111kw de potência pertenceria a classe III; já um apresentando potencia de 172kw pertenceria a classe V. Existem máquinas no mercado nacional que possuem exatamente as potências citadas acima; no entanto, elas apresentam a mesma Cotc. (64). Isso leva a crer que a potência como único fator de classificação não é plausível, já que máquinas com a mesma capacidade teórica de trabalho estariam em classes tão distintas. Essa elevada Cotc (64 ha.h⁻¹) para uma máquina de menor potência de motor (111kw) foi atribuída devido ao sistema de transmissão na máquina em questão ser mecânico. Sistemas mecânicos em geral são mais eficientes e, conseqüentemente, os pulverizadores com este tipo de transmissão podem utilizar motores com potencia menor. Já a máquina com 172kw apresenta sistema de transmissão hidrostático, que demanda maior potência de motor.

4.18 Relação entre Cotc e Vão livre

O vão livre pode ser considerado como um dos principais diferenciais de um pulverizador autopropelido em comparação aos pulverizadores que utilizam o trator como fonte de potência. Por meio do aumento do vão livre, foi possível realizar pulverizações terrestres em culturas de porte elevado sem danificar de forma significativa as culturas. Isso pode ser considerado um grande avanço para a agricultura, pois é possível realizar o controle de pragas em culturas como milho e cana-de-açúcar mesmo quando estas culturas estão com seu desenvolvimento avançado. Isso proporciona manutenção do potencial genético da cultura e, conseqüentemente, aumento da produção.

Na Figura 45, pode-se verificar um aumento linear do vão livre, de acordo com o aumento de classe dos pulverizadores. Mesmo que existam máquinas em classes menores, com vão livre relativamente elevado, a média dos valores apresentou aumento linear.

Segundo Farias et al. (2015), os valores médios de vão livre e coeficientes de variação encontrados, segundo a classificação quanto a potência de motor, foram 1551,4 mm (10,1%), 1571,7mm (17,6%), 1565,5mm (8,8%) e 1480,0mm (15,1%) para as Classes II; III, IV e V, respectivamente. Os autores também concluíram que os pulverizadores de maior potência nominal possuem a menor média de vão livre. Como justificativa, esses autores relataram que máquinas com menor vão livre oferecem melhor estabilidade, possibilitando maiores velocidades de operação, visto que a altura do centro de gravidade é menor, tornando a operação mais segura.

Os resultados obtidos nesta tese demonstram o contrário, indicando que com o aumento da Cotc houve um aumento da média de vão livre. As medidas passaram de 1,38m para a classe I, para 1,50m nas máquinas classe II. Já as máquinas classe III apresentaram 1,55m como média de vão livre, enquanto as máquinas pertencentes à classe IV apresentaram a maior média de vão livre 1,7m. Isso se deve à maior especificação das máquinas deste segmento que, por possuírem maior capacidade de trabalho, apresentam um custo de aquisição mais elevado e, conseqüentemente, apresentam especificações superiores a das outras classes.

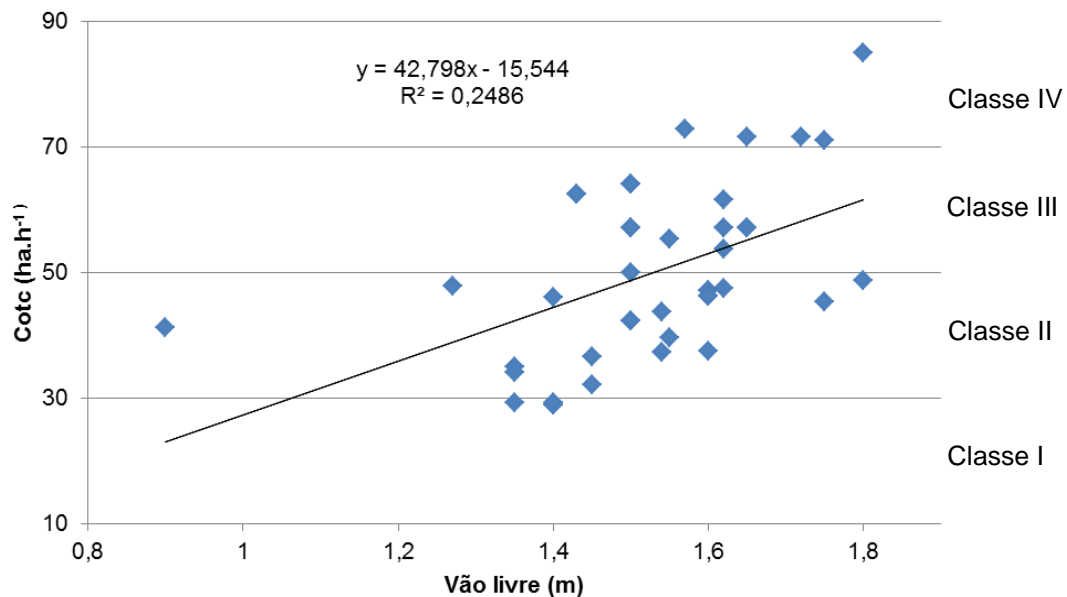


Figura 45 - Relação entre vão livre e Cotc dos pulverizadores comercializados no Brasil.

Fonte: Autor

Sendo assim, observa-se que, com o aumento da Cotc, existe a tendência de aumento do vão livre. Como consequência disso, máquinas com maior Cotc possibilitam pulverizações em culturas de porte elevado com menor chance de danificar as mesmas.

Também deve ser destacado que, mesmo estando na classe dois, existem máquinas com vão livre elevado, o que permite atendimento de áreas menores com a mesma qualidade que máquinas classe quatro. Isso pode ser uma alternativa para médios agricultores que cultivam plantas de porte elevado, como no caso do milho.

4.19 Comprimento de barra e respectiva Cotc

As barras de pulverização variaram significativamente em relação ao tamanho, pois foi possível observar barras de 21 a 40 metros de extensão. A Figura 46 mostra a relação entre o comprimento das barras e a Cotc. À medida em que o comprimento foi aumentando, foram sendo utilizados materiais que podem ser considerados mais nobres para a confecção das barras. Dentre eles, está a fibra de carbono, utilizada na confecção das barras de 36 metros, e o alumínio, que foi utilizado na confecção da barra de 40 metros.

Esse tipo de material é utilizado por ser mais leve que o aço. Como o tamanho tem aumentado significativamente, se for utilizado aço para barras, o peso no eixo traseiro da máquina pode extrapolar o limite máximo especificado pelos fabricantes de pneus, o que acabaria gerando transtornos com o uso do pulverizador.

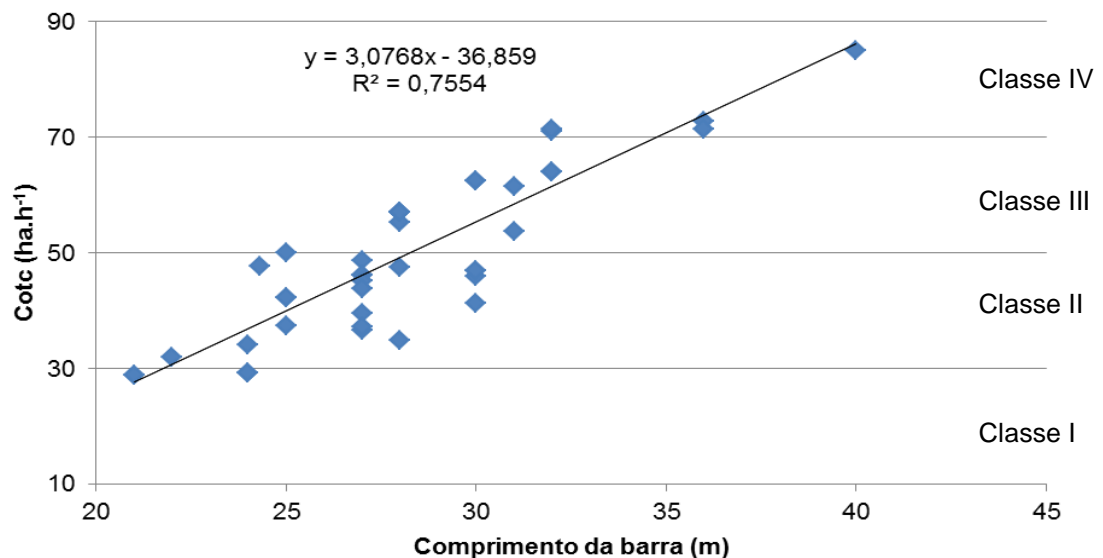


Figura 46 – Relação entre o comprimento de barras e Cotc
Fonte: Autor

Foi possível observar, ainda, certa linearidade do aumento da Cotc com o aumento do tamanho das barras. Com o aumento do tamanho das barras de pulverização, a capacidade operacional teórica também aumenta. Como a Cotc é afetada diretamente pela capacidade operacional teórica, existe a relação direta de aumento de tamanho de barra e aumento de Cotc, justificando, assim, a linearidade citada anteriormente.

4.20 Volume do reservatório de calda e Cotc

A relação entre volume de calda e Cotc não apresentou a mesma linearidade que a percebida na comparação feita com a largura das barras. Mesmo máquinas que apresentaram maior capacidade do reservatório de calda, ou seja 4000 litros, apresentaram Cotc relativamente baixo e se enquadraram na classe II (Figura 47).

Caso fosse utilizado apenas o fator capacidade do reservatório de calda, esta mesma máquina estaria na maior categoria. Porém, devido a sua baixa velocidade de deslocamento ($18\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$), a máquina ficou em uma classe menor.

Essas considerações corroboram com a ideia de que não adianta ter apenas uma característica que proporcione elevada capacidade operacional teórica, mas interessa um conjunto de quatro características que afetam significativamente o valor de Cotc.

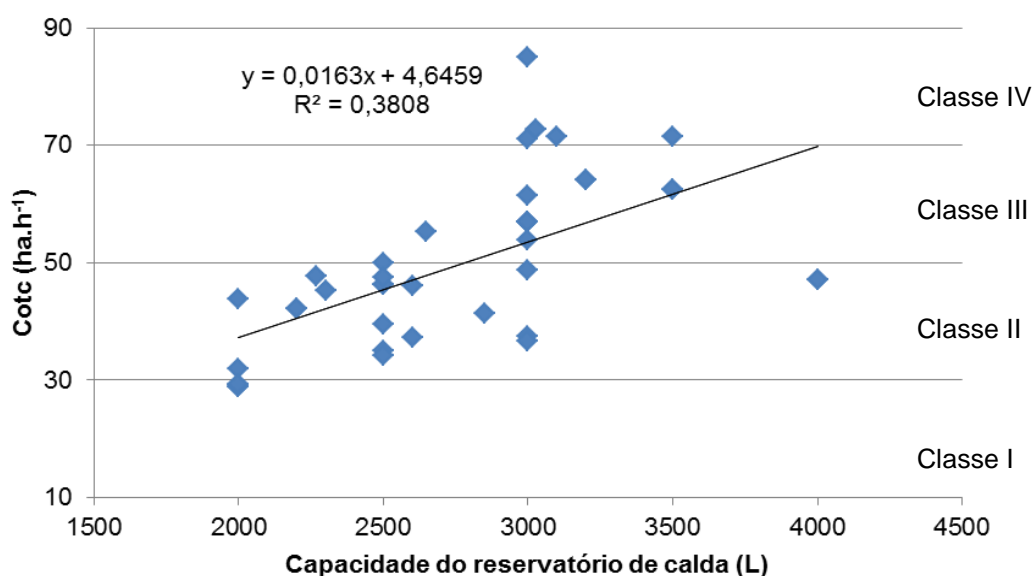


Figura 47 - Relação entre Cotc e capacidade do reservatório de calda
Fonte: Autor

4.21 Velocidade operacional máxima e Cotc

A velocidade de deslocamento afeta diretamente a Cotc. Analisando a Figura 48, fica clara a divisão entre as classes e a influência da velocidade nesta separação. Também é possível verificar certa linearidade entre o aumento da Cotc e da velocidade de deslocamento. A velocidade operacional máxima variou de 16 a $35\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, apresentando uma diferença de $19\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

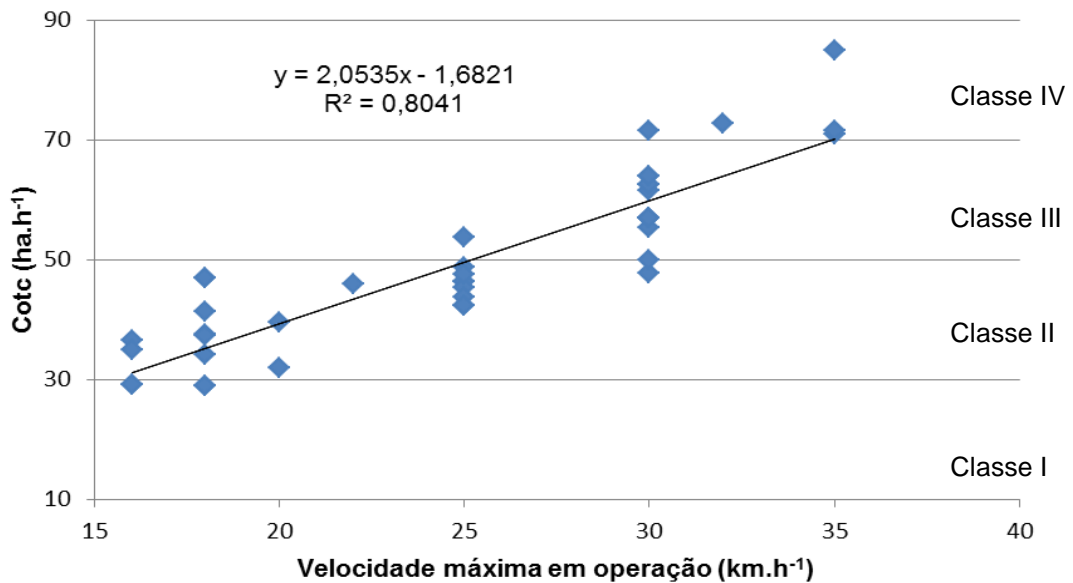


Figura 48 - Velocidade máxima de operação e Cotc dos pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil
Fonte: Autor

Realizar pulverizações a 35km.h⁻¹ requer grande estabilidade da máquina, excelente nivelamento do terreno e também vasta experiência por parte do operador. Além disso, deve-se tomar um cuidado extra quanto à produção de gotas de tamanho adequado. Em muitos casos com o aumento da velocidade de deslocamento, os controladores de pulverização aumentam a pressão no circuito de pulverização, o que pode aumentar à produção de gotas suscetíveis à deriva. Caso algum destes fatores esteja abaixo do desejável, a operação pode ficar comprometida, tanto em relação à qualidade da pulverização quanto à segurança do operador.

Máquinas com vão livre elevado, muitas vezes, possuem restrição quanto à velocidade máxima de deslocamento, como no caso de um modelo nacional que apresenta ajuste de vão livre. Esta máquina pode se deslocar até 35km.h⁻¹ quando está operando com o vão livre menor, mas quando está operando com o vão livre maior, o fabricante não permite ultrapassar os 20km.h⁻¹. Isso se deve ao aumento da altura do centro de gravidade da máquina, pois quanto mais elevado o centro de gravidade mais difícil torna-se manter a estabilidade da máquina. Portanto, para manter a segurança durante a operação, a máquina necessita reduzir sua velocidade máxima de deslocamento.

4.22 Peso e Cotc

Devido à grande demanda por pulverizações, durante o ciclo das culturas de grãos, pode-se considerar que o pulverizador autopropelido uma das máquinas que mais atua dentro do ciclo produtivo. Pela característica operacional desta atividade, o pulverizador necessita passar pelo mesmo rastro inúmeras vezes. Nem sempre a máquina consegue operar em condições ideais de umidade no solo. Sendo assim, passando com umidade elevada as probabilidades de causar grande compactação no solo aumentam. Então, quanto menor for o peso do pulverizador menor será a chance do mesmo causar compactação em demasia.

O menor peso também pode refletir em menor resistência ao rolamento e demanda de potência, que está muitas vezes atrelada ao consumo de combustível. Portanto, com a diminuição do peso do pulverizador existe a tendência de haver menor consumo de combustível e também menor compactação do solo.

Na Figura 49, estão distribuídos os pesos dos pulverizadores autopropelidos citados nesta tese e sua respectiva Cotc. Pode-se observar que a máquina mais pesada não apresentou a maior Cotc; no entanto, a mais leve apresentou a menor Cotc. Ainda, na classe I, pode-se observar uma variação de quase dois mil kg entre pulverizadores de praticamente mesma Cotc.

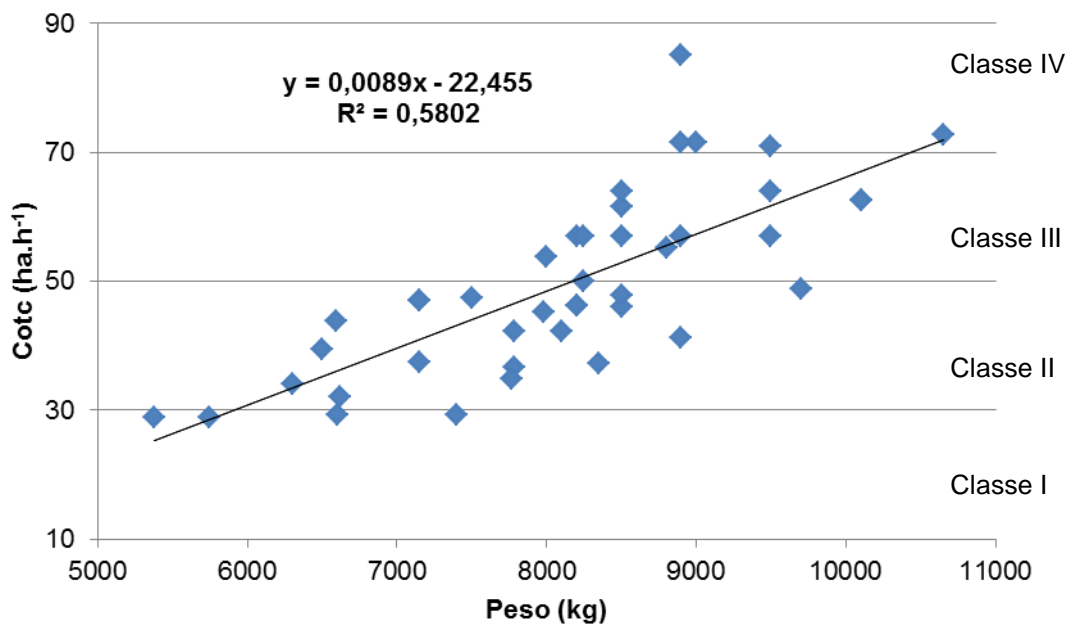


Figura 49 - Peso e respectiva Cotc dos pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil.

Fonte: Autor

Na classe IV, foi possível observar que a máquina com maior Cotc apresentou praticamente duas toneladas a menos que a máquina mais pesada da categoria. Isso mostra que existe uma grande variação de peso dentro das mesmas categorias.

Outra análise pertinente é que, com o aumento de Cotc, houve uma tendência de aumento do peso das máquinas, devido ao aumento da capacidade dos componentes como barras, reservatório de calda e potência de motor. Com o aumento destes itens, o pulverizador necessita ter uma estrutura de chassi, suspensão e eixos mais reforçada, tendo como consequência o aumento do seu peso.

Fazendo uma análise mais criteriosa sobre o fator peso, na Figura 50 existe uma relação do peso com a potência do motor e a respectiva Cotc de cada máquina. Schlosser et al. (2005) verificaram grande variação de peso dentro de uma mesma potência nominal em estudo realizado com tratores comercializados no Brasil, quando encontraram tratores de 40kW com relações peso/potência que variam de aproximadamente 50 a 90kg.kw⁻¹. Os autores ainda concluíram que tratores fabricados no Brasil apresentam tendência em diminuir a relação peso/potência com o aumento da potência bruta no motor. No caso de tratores o aumento da potência bruta do motor reflete diretamente no aumento da capacidade de tração e, conseqüentemente, no aumento da capacidade de trabalho da máquina.

No caso dos pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil, existe uma relação similar à encontrada por estes autores, pois foram encontrados relação peso/potência de 54 a 74kg.kw⁻¹ para máquinas pertencentes a classe I, de 54 a 88 kg.kw⁻¹ para máquinas pertencentes à classe II, de 53 a 76kg.kw⁻¹ para classe III e de 53 a 60 kg.kw⁻¹ para máquinas pertencentes à classe IV. Foi possível observar a diminuição da amplitude de peso/potência quando aumentada a classe dos pulverizadores e também uma tendência de diminuição desta relação à medida que foi aumentando a Cotc.

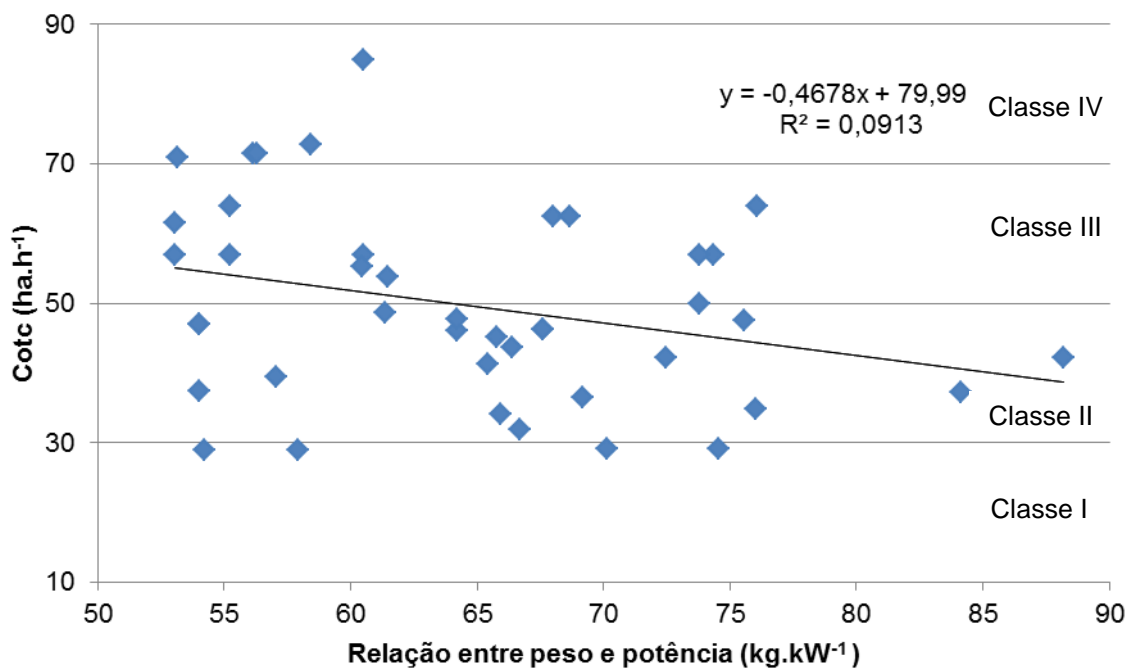


Figura 50 - Relação peso/potência em kg.kW⁻¹ e respectiva Cotc dos pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil.

Fonte: Autor

Considerando o exposto nas Figuras 46, 47 e 48, é possível afirmar que com o aumento da Cotc existe a tendência do aumento do tamanho das barras, da velocidade de deslocamento e também da capacidade do reservatório de calda. No entanto, é preciso que a máquina possua uma certa coerência no aumento destes fatores, para que, com isso, sua classe seja condizente com a de outras máquinas de mesma característica.

Caso a máquina a ser classificada possua apenas um fator que confira grande capacidade operacional teórica, enquanto os outros fatores não apresentem

essa característica, ela provavelmente não irá pertencer a uma classe de grande capacidade, pois não é apenas um fator que determina seu posicionamento.

Com o passar dos anos, constata-se a tendência de aumento do tamanho dos pulverizadores autopropelidos a serem utilizados no mercado nacional. Pensando nisso a Tabela 3 contemplou 10 classes de pulverizadores, sendo que atualmente os pulverizadores do mercado nacional foram agrupados em quatro classes, o que torna a classificação proposta com grande amplitude de uso. A capacidade operacional teórica combinada poderá ser maior que o dobro das existentes atualmente e, mesmo assim, as máquinas ainda estarão contempladas nas classes existentes na Tabela 3.

Apesar de ainda não existirem no País máquinas com tal capacidade, a evolução existente no setor de máquinas agrícolas observada nas últimas décadas permite imaginar que as classes maiores poderão ser contempladas em médio prazo.

Pondera-se, entretanto, que, apesar dos estudos aqui realizados, ainda existe uma grande lacuna a ser preenchida em relação ao estudo de componentes específicos e desempenho de pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil. Diante disso, deixa-se como proposição para novos estudos a investigação mais detalhada destes componentes.

5 CONCLUSÕES

Os pulverizadores autopropelidos avaliados nesta tese apresentam distinção quanto ao posicionamento do motor, cabine, reservatório de calda e barras.

A partir das análises realizadas e dos resultados obtidos nesta tese, percebe-se a viabilidade da proposição de uma categorização dos pulverizadores autopropelidos. Quanto ao sistema de classificação proposto, baseado na equação de capacidade operacional teórica combinada, verificou-se viabilidade em sua utilização para classificação dos pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil.

O uso de apenas um fator para classificação de pulverizadores autopropelidos, pode inserir máquinas em classes incompatíveis com sua respectiva capacidade teórica de trabalho.

Segundo o sistema de classificação proposto, os pulverizadores autopropelidos comercializados no Brasil, atualmente, enquadram-se em quatro categorias, nas classes I, II, III, IV, sendo que esta classificação não se tornará obsoleta em um curto prazo, por prever o acréscimo de classes, assim que surgirem máquinas de maior C_{otc}.

O simulador da visualização do operador também se mostrou um equipamento viável para a análise da visualização de dentro da cabine, sendo de grande importância para possíveis melhorias em projetos de cabines já existentes assim como para validação de novos projetos. A máquina com cabine central e barra de pulverização traseira proporcionou maior visibilidade da barra quando comparada às máquinas com cabine frontal e barra traseira, cabine intermediária com barra traseira e cabine frontal com barra central.

Pulverizadores com motor traseiro apresentaram menor pressão sonora dentro da cabine quando comparados aos pulverizadores de motor central e frontal. Essa diferença foi significativa, com 5% de probabilidade de erro.

Para além do cumprimento dos objetivos propostos, esta tese contribui com a área da engenharia agrícola por ter realizado uma revisão teórica sobre pulverizadores autopropelidos, máquinas ainda pouco investigadas no Brasil. Nesse sentido, ainda, o estudo conduzido não se restringe à importância acadêmica, mas

pode funcionar também como baliza para aquisição deste tipo de máquina pelos agricultores.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9999**: medição do nível de ruído, no posto de operação de tratores e máquinas agrícolas. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 21 p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL (ANDEF). **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Campinas: Linea Criativa, 2004, 52p

AKENSON, N. B.; YATES, W. E. **Pesticide application equipment and techniques**. Roma: FAO, 1979. 257 p. (FAO Agricultural Services Bulletin).

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. **ASAE Standards**. St. Joseph: Agricultural management data ASAE EP496.2.1998, p.354-359.

AGROTAMA. Disponível em: <<http://www.agrotama.com.br/jardinagem-agricola/52/>>. Acesso em: 07 abr.2015

BANCHI, A. D.; LOPES, J. R.; MARTINS, J. M.; DIMASE, M. Capacidade operacional de colhedoras de cana-de-açúcar – modelagem matemática em função da produtividade agrícola e da vida da máquina. **Revista AgriMotor**, p.42-46, 2012.

BATTE, M.T.; EHSANI, M.R. The economics of precision guidance with auto-boom control for farmer-owned agricultural sprayers. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 53, p.28-44, 2006.

BOHMONT, B.L. **The new pesticide users guide**. Fort Collins: B. & K. Enterprises, 1981. 402 p.

BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas II**. Passo Fundo, RS. 2007. 23 - 35p. .

BONSALL, J. L. Measurement of occupational exposure to pesticide. In: TURNBULL, G. L. (ed.). **Occupational hazards of pesticide use**. London: Taylor & Francis, 1985. p. 13-23.

CAMPOS, D.; SOUSA, M. C. **Análise da dinâmica vertical de veículos pesados flexíveis**. Projeto final (Graduação). Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2014.

CASALI, A. L.; FARIAS, M. S. de.; SCHLOSSER, J. F.; ROMANO, L. N.; UHRY, D. Conformidade do posto de operação de pulverizadores autopropelidos. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.19, n. 6, p. 548-556, nov./dez. 2011.

CASALI, A.L. **Condições de uso de pulverizadores e tratores na região Central do Rio Grande do Sul**. 2012. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

CHAIM, A. **História da pulverização**. Embrapa Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Chaim_historialD-Dcdtr0CVWI.pdf>. Acesso em: 10 abr.2015.

CORREA, I.M.; MILAN, M.; RIPOLLI, T.C.; MAZIERO, J.V.G.; YANAI, K.; MENEZES, J.F. Pneu radial e diagonal: desempenho de tração em um trator com tração dianteira auxiliar. **Engenharia Agrícola**, Campinas, v.15, p.45-59, 1995.

CULTIVAR MÁQUINAS. New Holland lança a única colheitadeira classe 10 do mundo. **Cultivar Máquinas**, 2014. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/noticias/?q=40746>>. Acesso em: 29 mai. 2015

DALLMEYER, A. U.; FERREIRA, M. F.; NEUJAHN, E. B.; SCHNEIDER, V. Relação custo/coeficiente tecnológico de semeadoras-adubadoras para semeadura direta. ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 6, 1998, Brasília. **Resumos...** Brasília, 1998. 80 p. p. 72.

EMBRAPA. **Agrotóxicos no Brasil**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CONTAG01_40_210200792814.html>. Acesso em: 15 mar.2014.

FARIAS, M. S. de; SCHLOSSER, J. F.; ESTRADAL, J. S.; MARTINIL, A. T. M.; BARBIERILL, J. P.; Critérios técnicos para a seleção de pulverizadores autopropelidos comercializados no mercado brasileiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.5, p.939-942, mai. 2015.

FERNANDES, H. C.; BORDINI, A.; SANTOS, N. T.; MINETTE, L. J.; RINALDI, P. C. N. Análise antropométrica de um grupo de operadores brasileiros de “*feller-buncher*”. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 81, p. 017-025, mar. 2009.

GARCIA, E.; ALVES FILHO, J. P. **Aspectos de prevenção e controle de acidentes no trabalho com agrotóxicos**. São Paulo: Fundacentro, 2005. 53p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Brasil em Números**, v, 21, 2013.

_____. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas do ano civil. Rio de Janeiro, v. 29 n.3, p.1-81, mar. 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Tractors and machinery for agriculture and forestry**: operator controls; Actuating forces, their displacement and location: ISO 15077-1996. Genève, 1996.

JACTO. **Manual técnico sobre orientação de pulverização**: versão em Português - MP-0193 Máquinas Agrícolas Jacto S/A, Pompéia - SP – Brasil, ed. 05/2001 .

KRUGLIANSKAS, I. **Tornando a pequena e média empresa competitiva**. São Paulo, Instituto de Estudos Gerenciais e Editora, 1996.

LOBO JÚNIOR, M. H. Pulverizadores autopropelidos. **A Granja**, ed. 749, mai. 2011.

_____. **Pulverizador autopropelido**. Disponível em:
<<http://www.pulverizar.com.br/autopropelido.htm>>. Acesso em: 18 abr.2015.

_____. **Pulverizador com barras**. Disponível em:
<<http://www.pulverizar.com.br/barras.htm>>. Acesso em: 18 abr.2015.

MASSEY FERGUSON. **Manual de operação Massey Ferguson 9030**., Canoas, RS: AGCO do Brasil. Edição: 11/10 214p.

MAX. Disponível em:
<http://www.max.ind.br/produto.php?produto=Pulverizador+Max-System&grupo=Pulverizador&id_grupo=4&id_produto=1>.1 Acesso em: 02 set.2015

MAZETTO F. R. 2008, **Avaliação dos desempenhos operacional e energético e da ergonomia de colhedoras de soja (*Glycine max (L.) Merrill*) no sistema de plantio direto**. – Botucatu : [s.n.], 2008. xiii, 104 Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.

MENEGAS, M. T.; DALLMEYER, A. U.; SCHLOSSER, F. Apreciação ergonômica da cabina de tratores agrícolas: visibilidade. **Revista Produção On Line**, Florianópolis, v. 6, n. 1, jan./abr. 2006

MENEZES, D; MARTINS, D. S. Automação e controle de pulverização em máquinas agrícolas. **Regrad**, Marília, SP, v.1, ano 2, 2009, p.23-24.

MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1974. 301 p.

_____. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996. 722 p.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão: o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba: José Paulo Molin, 2001. 83p

BRASIL. Tribunal Regional do Trabalho de São Paulo. **NR 12: máquinas e equipamentos**. Portaria N.º 197, de 17 de dezembro de 2010 (DOU de 24/12/2010 – Seção I pág. 211. Disponível em:
<http://www.trtsp.jus.br/geral/tribunal2/LEGIS/CLT/NRs/NR_12_ANEXO1.pdf>. Acesso em: 15 set.2015.

PELAEZ, V. **Agrotóxicos, agricultura e mercado: mesa de controvérsias sobre agrotóxicos**. Brasília: CONSEA, 21 set. 2012. Disponível em:
<<http://www2.planalto.gov.br/consea/biblioteca/documentos/agrotoxicos-agricultura-e-mercado>>. Acesso em: 04 mar.2014.

RICHEY, C. B.; JACOBSON, P.; HALL, C. A. Economics of farm machinery. In: **Agricultural engineers' handbook**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1961., Chapter 1. p.1-17.

SANTOS, J. E. G. G.; SANTOS FILHO, A. G. **Apostila de máquinas agrícolas**. Bauru, SP: UNESP, 2001.

SCHLOSSER, J. F.; Barulho sob controle. **Revista Cultivar Máquinas**, ed. 13, jul./ago. 2002.

SCHLOSSER, J. F.; DEBIASI, H.; PARCIANELLO, G.; RAMBO, L.; Antropometria aplicada aos operadores de tratores agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, pp. 983-988, nov./dic. 2002.

SCHLOSSER, J. F.; DALLMEYER, A.; DEBIASI, H.; MENEGAS, M. T.; NIETIEDT, G. Alteração do campo visual em função do uso de cabinas em tratores agrícolas. **Engenharia Agrícola** [online], 2011, v. 31, n. 2, 2011.

SCHLOSSER, J.F. **Influence del avance cinemático de las ruedas delanteras motoras en la eficiencia en tracción de los tractores agrícolas**. 1996. 286f, Tese (Doutorado em Ingeniería Rural). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Madrid, 1996.

_____. **Tecnologia de aplicação e uso de máquinas**: uso de agroquímicos. (Caderno didático). Santa Maria: Gráfica e Editora da UFSM, 2002. Série Técnica, Módulo 5.

SCHLOSSER, J. F.; DEBIASI, H.; MACHADO, O.; WILLES, J. A. Análise comparativa do peso específico dos tratores agrícolas fabricados no Brasil e seus efeitos sobre a seleção e uso. **Ciencia Rural**, v. 35, n.1, p. 92-97, fev. 2005.

SILVA, R.P. Avaliação do nível de ruído em colhedoras combinadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.381-387, mai./ago. 2004

SILVEIRA, G. M.; YANAI, K.; KURACHI, S. A. H. Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de prepare do solo, semeadura e cultivo. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, 2006, p.220-224.

SILVEIRA, G. M.; SIERRA, J. G.; CAÑAVATE, J. O. Classificação dos tratores agrícolas de pneus em função de sua eficiência energética. **Engenharia da Agricultura**, Viçosa, MG, v.16, n.2, p.208-214, abr./jun. 2008.

SIQUEIRA, J. L. **Inspeção periódica de pulverizadores**: análise dos erros de calibração e impacto econômico. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu - SP, 2009.

TANAKA, E. M.; BRENE A. A.; BRENE, D. S. **Intensidade da pressão sonora em máquinas agrícolas autopropelida**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Mecanização em Agricultura de Precisão). Faculdade de Tecnologia Shunji Nishimura, Pompéia, SP, 2012.

TRATORSOLO. Disponível em: <<http://www.tratorsolo.com/pulverizadores/gladiador-2300/>>. Acesso em: 15 set.2015.

VIARURAL. Disponível em: <<http://br.viarural.com/agricultura/pulverizacao-acessorios/jacto/>>. Acesso em: 27 mar.2014.

VILELA, R. A. G.; MALAGOLI, M. E.; MORRONE, L. C. Trabalhadores da saúde sob risco: o uso de pulverizadores no controle de vetores. **Revista Produção**, v. 15, n. 2, p. 263-272, mai./ago. 2005

YAMASHITA, L. M. R. **Mecanização agrícola**: apostila e-Tec. Manaus: IFAM/UFRN, 2010.

ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M.Z. da; SANTIAGO, T. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 3.ed. Viçosa: UFV/DFP, 2008. 464 p.

ZOZ, F.; GRISSE, R. D. Traction and tractor performance. St. Joseph: ASAE, 2003. 5 p. (Tractor desing, 27).

APÊNDICES

Tabela 6 – Sistemas e itens a serem analisados nos pulverizadores autopropelidos.

Sistema	Item
Motor	Posição na máquina Número de cilindros Tipo de aspiração Potência
Transmissão	Tipo () hidrostática () mecânica Número de marchas () Velocidade máxima para deslocamento () Velocidade máxima para trabalho () Controle automático de velocidade ()sim ()não
Suspensão	Tipo ()pneumática () mecânica Posição na máquina Independente por rodado () Independente por eixo ()
Chassi	Estrutura Adesão de componentes Flexibilidade
Bitola	Ajustável () Fixa () Infinitas posições () Posições limitadas () Bitola máxima () Bitola mínima ()
Acessos	Posição do acesso Frontal () Traseiro () Central ()
Cabine	Posição na máquina
Rodados	Especificações: Tipo de pneus: Radial () Diagonal ()
Reservatório de calda	Posição na máquina Capacidade Acesso Material utilizado na confecção Fixação na máquina
Barras	Posição das barras na máquina Material para confecção Largura útil Largura total Número de subdivisões Tipo de fechamento Tamanho do desarme da extremidade Número de seções de pulverização Material do circuito de pulverização Número de pontas por bico Sensor de nivelamento automático da barra Número de sensores
Circuito de pulverização	Tipo de bomba de pulverização Capacidade da bomba Injeção direta de agrotóxicos

Controladores	Controle de taxa de pulverização Controle de pressão de pulverização Controle do tamanho de gotas Níveis de sinais do sistema de orientação Possibilidades do piloto Automático
Freios	Tipo de acionamento Freio de estacionamento Freio auxiliar para manobras
Capacidades	Tanque de combustível () Material de constituição Reservatório de água limpa,
Indutor Químico (Incorporador de agrotóxicos)	Localização Material de constituição Capacidade
Sistema de reabastecimento de calda	Localização Tipo de acoplamento Bomba de reabastecimento acoplada Vazão da bomba
Dimensões	Peso total () Comprimento () Altura () Largura () Vão Livre ()

Tabela 7 - Marcas e modelos dos pulverizadores avaliados

MARCA	MODELO
Valtra	BS3020H
Massey Ferguson	9030
Stara	Gladiador 2300
	Imperador 2650
	Imperador 3100
Jacto	Uniport 2000 Plus
	Uniport 2500 Star
	Uniport 3030
New Holland	SP2500
	SP3500
Case	Patriot 250
	Patriot 350
John Deere	4630
	4730
Jan	Power Jet
Metalfor	Metalfor Hidro 2200 AB
	Metalfor Multiple 2500 AB
	Metalfor Multiple 3000 AB
	Metalfor Multiple 3200 AB
	Metalfor Hidro 3000 AB
	Metalfor Hidro 3200 AB
	Metalfor Futura 2200 AB
	Hidra 200
	Orio 250
	Hidro 4x4
PLA	M 2500
	M3000
	H 3000 Barra frontal
	H 3500
Montana	Boxer H 2021
	Boxer M 2021
	Parruda 2027H
	Parruda 2627M
	Parruda 3027H
	Parruda 3030 St
ServSpray	Gafanhoto 4x2
	Gafanhoto 4x4 Plus
	Gafanhoto Dual
Pulverjet	Pulverjet PCT
	Pulverjet HD
Aral	2000L
	3000L