

VICENTE MARCIO CORNAGO JUNIOR

**CARACTERIZAÇÃO DA CAPACIDADE OPERACIONAL DE PULVERIZADORES
DE BARRAS NO BRASIL DOS ANOS DE 2008 A 2018**

Botucatu

2020

VICENTE MARCIO CORNAGO JUNIOR

**CARACTERIZAÇÃO DA CAPACIDADE OPERACIONAL DE PULVERIZADORES
DE BARRAS NO BRASIL DOS ANOS DE 2008 A 2018**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Energia na
Agricultura)

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Rocha
Antuniassi

Botucatu

2020

C812c Cornago Junior, Vicente Marcio
Caracterização da capacidade operacional de pulverizadores de
barras no brasil dos anos de 2008 a 2018 / Vicente Marcio Cornago
Junior. -- Botucatu, 2020
54 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi

1. Pulverizadores de barras. 2. Capacidade de campo operacional. 3.
Tecnologia de aplicação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

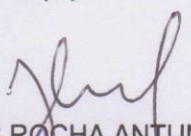
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CARACTERIZAÇÃO DA CAPACIDADE OPERACIONAL DE PULVERIZADORES DE BARRAS NO BRASIL DOS ANOS DE 2008 A 2018

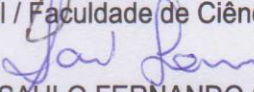
AUTOR: VICENTE MARCIO CORNAGO JUNIOR

ORIENTADOR: ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

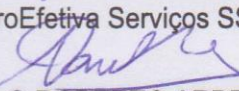
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI
Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP



Pesquisador Dr. SAULO FERNANDO GOMES DE SOUSA
Pesquisa / AgroEfetiva Serviços SS Ltda.



Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA
Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

Botucatu, 17 de fevereiro de 2020

*A minha filha Alice, aos meus pais e em
especial a todos envolvidos no setor de
tecnologia de aplicação.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao divino Deus, pela dádiva da vida e equilíbrio para superar os desafios e as etapas da vida.

À minha filha Alice que me trouxe um sentido diferente de viver, tendo força e sabedoria para seguir em frente e ser um exemplo para sua caminhada. A mãe Cristiane, pelos cuidados, enquanto me dedico aos estudos.

De forma especial agradeço minha família, ao meu pai Vicente e à minha mãe Maria Berenice, pela simplicidade, humildade, por criarem quatro filhos e não medirem esforços para termos condições de levar nossos estudos adiante.

Ao Prof. Dr. Ulisses R. Antuniassi, pela confiança, orientação, paciência, incentivo e confiança ao longo do mestrado.

Ao Prof. Dr. Paulo Arbex e ao Prof. Dr. Kleber Lanças, pelas aulas, ensinamentos e amizade.

À Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, pela oportunidade de retornar aos estudos e atualizar conhecimentos, contribuindo com minha formação acadêmica.

Ao Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas (NEMPA) e principalmente aos meus amigos do laboratório, por confiarem em mim e estarem ao meu lado em todos os momentos desta jornada.

Aos colaboradores do Departamento de Engenharia Rural, colaboradores da Agroefetiva e Corteva Agriscience pelo pronto atendimento e auxílio.

Aos meus amigos da Embraer, aos amigos de pós-graduação, pela amizade, companheirismo e dividirem os mesmos sonhos e angústias. Aos meus amigos professores da Fatec Botucatu pelo incentivo e apoio ao longo dos anos de trabalho.

“Gratidão a todos”

RESUMO

O objetivo com este trabalho foi determinar a capacidade de campo operacional de pulverizadores de barras em fazendas de produção de grãos nas cinco regiões geográficas do Brasil. O estudo se baseou em dados coletados em inspeções periódicas de pulverizadores no período de 2008 a 2018. As inspeções foram realizadas pelo Projeto de Inspeção Periódica de Pulverizadores (IPP - FCA/UNESP - Botucatu/SP), dentro das atividades do Programa de Aplicação Responsável (PAR), projeto de parceria entre a empresa Corteva Agriscience e a Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais (FEPAF). As inspeções ocorreram durante os treinamentos oferecidos para os produtores de grãos, sendo avaliados 523 pulverizadores distribuídos em 283 na região Centro-Oeste, 41 na região Nordeste, 17 na região Norte, 57 na região Sudeste e 125 na região Sul. A partir dos dados coletados nas inspeções foi possível desenvolver uma metodologia para determinar a capacidade de campo operacional dos pulverizadores e calcular valores médios para cada região brasileira. Os resultados mostraram a evolução da capacidade operacional dos pulverizadores ao longo dos anos, obtendo-se padrões regionalizados na evolução da capacidade de campo operacional. O trabalho permitiu identificar dois perfis tecnológicos bem distintos: Centro-Oeste, Nordeste e Norte com pulverizadores de maior capacidade operacional e o Sudeste e Sul com os pulverizadores de menor capacidade. A região Nordeste se destacou por ter maior capacidade de campo operacional média, com $36,25 \text{ ha h}^{-1}$ e a região Sul a menor, com $9,09 \text{ ha h}^{-1}$. Os pulverizadores automotrizes apresentam em uma média nacional de capacidade operacional da ordem de $25,07 \text{ ha h}^{-1}$, tratando 4,2 vezes mais que os pulverizadores montados e 2,5 vezes que os pulverizadores de arrasto. Identificou-se uma tendência de crescimento da capacidade operacional dos pulverizadores, com destaque para os pulverizadores automotrizes.

Palavras-chave: Pulverizadores de barras. Capacidade de campo operacional. Tecnologia de aplicação.

ABSTRACT

This study aimed to determine the operational field capacity of bar sprayers on grain production farms in the five geographic regions of Brazil. The study was based on data collected from periodic spraying inspections from 2008 to 2018. The inspections were performed by the Project of Periodic Inspection of Sprayers (IPP - FCA / UNESP-Botucatu City / São Paulo State) related to the development of activities within a Responsible Application Program (PAR), partnership project between the company Corteva Agriscience and Agricultural and Forestry Studies and Research Foundation (FEPAF). The inspections have occurred during the training offered to grain producers evaluated 523 sprayers distributed in 283 in the Midwest, 41 in the Northeast, 17 in the North, 57 in the Southeast and 125 in the South. From the data collected in the inspections, it was possible to develop a methodology to determine the operational field capacity of the sprayers and calculate average values by the Brazilian region. The results showed that the evolution of the sprayers operational capacity over the years, obtaining regionalized standards in the evolution of the operational field capacity. In this way, the work was divided into two distinct technological profiles: Midwest, Northeast and North with sprayers with greater operational capacity and Southeast and South with sprayers with less capacity. The Northeast region have been detached for having greater average operational field capacity, with 36.25 ha h⁻¹ and the South region the lowest, with 9.09 ha h⁻¹. Self-propelled sprayers have a national average operating capacity of around 25.07 ha h⁻¹, treating 4.2 times more than mounted sprayers and 2.5 times that of trailed sprayers. A growth trend was identified in the sprayer's operational capacity, with emphasis on self-propelled sprayers.

Keywords: Field capacity. Bar sprayers. Application technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Produção de grãos no Brasil, safra 2019/20	22
Figura 2 - Características de um pulverizador de barras montado	23
Figura 3 - Características de um pulverizador de barras de arrasto	23
Figura 4 - Características de um pulverizador de barras automotriz	24
Figura 5 - Conhecimentos que integram a tecnologia de aplicação	29
Figura 6 - Preparo do pulverizador e acessórios para inspeção	32
Figura 7 - Planilha utilizada nas inspeções do PAR	33
Gráfico 1 - Evolução da capacidade de campo operacional média dos pulverizadores, a cada ano, no período de 2008 a 2018, considerando os 523 pulverizadores de barras inspecionados no período	38
Gráfico 2 - Evolução da capacidade de campo operacional média por tipo de pulverizador	41
Figura 8 - Distribuição espacial dos pulverizadores na região Centro-Oeste	42
Gráfico 3 - Evolução da capacidade de campo operacional média dos pulverizadores no Mato Grosso	43
Figura 9 - Distribuição espacial dos pulverizadores na região Nordeste	44
Figura 10 - Distribuição espacial dos pulverizadores na região Norte	45
Figura 11 - Distribuição espacial dos pulverizadores na região Sudeste	46
Figura 12 - Distribuição espacial dos pulverizadores na região Sul	47
Gráfico 4 - Evolução da capacidade de campo operacional média dos pulverizadores no Rio Grande do Sul	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos pulverizadores de barras avaliados por região nos diferentes anos de avaliação	31
Tabela 2 - Dados coletados a partir das planilhas de inspeção do PAR	34
Tabela 3 - Área média dos tamanhos dos talhões por estado	35
Tabela 4 - Características dos pulverizadores por regiões, representadas pelos valores médios	39
Tabela 5 - Valores médios das características operacionais dos pulverizadores de barras por regiões brasileiras produtoras de grãos	39
Tabela 6 - Valores médios da capacidade de campo operacional segmentados de acordo com o tipo de pulverizador de barras	40
Tabela 7 - Capacidade de campo operacional média dos pulverizadores de na região Centro-Oeste	43
Tabela 8 - Capacidade de campo operacional média dos pulverizadores na região Nordeste	44
Tabela 9 - Capacidade de campo operacional média dos pulverizadores na região Norte	45
Tabela 10 - Capacidade de campo operacional média dos pulverizadores na região Sudeste	47
Tabela 11 - Capacidade de campo operacional média dos pulverizadores na região Sul	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	Histórico	21
2.2	Pulverizadores de barras no Brasil	22
2.3	Desempenho operacional dos pulverizadores de barras	24
2.4	Inspeção periódica de pulverizadores.....	26
2.5	Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas	27
2.6	A capacidade operacional da pulverização e o risco de deriva	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	Distribuição dos pulverizadores avaliados por região nos diferentes anos de avaliação	31
3.2	Inspeção periódica de pulverizadores (IPP)	32
3.3	Dados coletados durante as inspeções dos pulverizadores	33
3.4	Metodologia adotada para calcular a capacidade de campo operacional ..	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1	Evolução da capacidade de campo operacional dos pulverizadores de 2008 a 2018	38
4.2	Resultados da região Centro-Oeste	42
4.3	Resultados da região Nordeste	44
4.4	Resultados da região Norte	45
4.5	Resultados da região Sudeste	46

4.6 Resultados da região Sul	47
5 CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

A mecanização agrícola é um fator de grande valia para os produtores rurais que em termos de custo pode representar o segundo fator de produção mais importante, sendo inferior apenas ao valor da propriedade produtiva.

Devido ao aumento da população mundial torna-se necessária uma agricultura cada vez mais eficiente, amplificando a necessidade do controle de pragas, doenças e plantas daninhas através das ferramentas de tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas.

A tecnologia de aplicação é um dos componentes mais importantes no processo de controle químico, pois é responsável pela correta deposição dos produtos no alvo, cuidando da preservação do ambiente e da saúde dos colaboradores envolvidos. As técnicas de aplicação baseadas em pulverizadores de barras são as mais utilizadas, devido à flexibilidade que oferecem em diferentes situações, sendo de ampla utilização para a aplicação das diferentes classes de defensivos agrícolas, como os herbicidas, inseticidas, fungicidas e acaricidas.

Em busca da eficiência e segurança nas aplicações, muitos países adotaram a Inspeção Periódica dos Pulverizadores utilizados no campo, atribuindo certificação e capacitando usuários para melhor uso, manutenção e calibração destes equipamentos. Através destes programas busca-se a redução do custo operacional e a diminuição dos riscos para os aplicadores e o meio ambiente.

A inspeção periódica de pulverizadores de barras foi introduzida no Brasil em 1998, a partir da criação do Projeto IPP (Inspeção Periódica de Pulverizadores) na Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu/SP, em um projeto financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Os objetivos do projeto IPP foram verificar o estado dos pulverizadores de barras no país e desenvolver uma metodologia adequada para as condições nacionais. Este projeto proveu recursos para a implementação de uma estrutura física de apoio a pesquisa (veículo, materiais e equipamentos), a qual serviu de base para o desenvolvimento de duas Teses de Doutorado (Gandolfo, 2002 e Siqueira, 2009), assim como foi o ponto de partida para a criação de diversos programas de extensão com financiamento privado em parceria com a FEPAF - Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, os qual se encontram em funcionamento até o

presente momento da FCA/UNESP (Botucatu/SP). Um dos programas de extensão de maior sucesso que se desenvolveram a partir do Projeto IPP foi o Programa de Aplicação Responsável (PAR), em uma parceria da FEPAF com a empresa Corteva Agriscience iniciada em 2006. O presente trabalho foi realizado utilizando-se a base de dados do PAR no período de 2008 a 2018.

Um dos fundamentos da fitossanidade é a adoção das práticas de controle no momento correto, visando a minimização do impacto das pragas, doenças e plantas daninhas. Por esta razão, a capacidade operacional dos pulverizadores é um dos fatores gerenciais mais importantes dentro da gestão das propriedades agrícolas. Os pulverizadores devem estar em condições adequadas de uso, para aproximar-se ao máximo da capacidade teórica em campo. A capacidade de campo operacional de um pulverizador depende de diversos fatores associados à própria operação de pulverização, como a velocidade do pulverizador, a largura da faixa aplicada, os tempos de manobra, a distância percorrida para cada reabastecimento, a taxa de aplicação, a velocidade de deslocamento, a capacidade do tanque e o tempo de reabastecimento da calda.

Essa pesquisa objetivou determinar a capacidade de campo operacional de pulverizadores de barras em fazendas de produção de grãos nas cinco regiões geográficas do Brasil, baseando-se nos dados coletados em inspeções periódicas de pulverizadores no período de 2008 a 2018.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico

A expansão do agronegócio brasileiro está ligada diretamente a produção agrícola. O aumento das áreas de plantio, o aumento da produtividade tem sido associado ao uso de novas tecnologias. A tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas tem sido um fator de contribuição para este aumento significativo (CARVALHO, 2003).

Segundo Boller (2006), os defensivos agrícolas são utilizados para proteger as produções agrícolas, poderosos biocidas utilizados em altas doses e apresentavam elevados riscos para os colaboradores do processo de aplicação e para o ambiente.

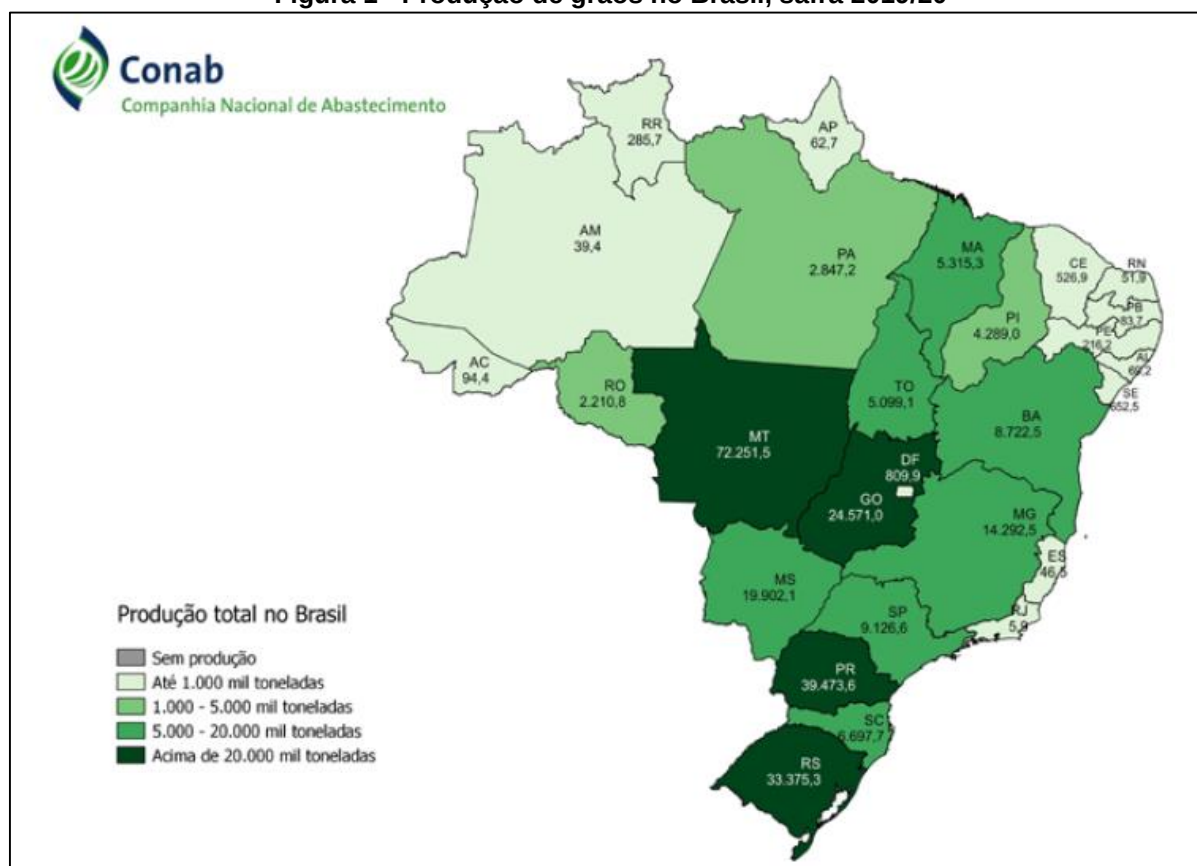
Conforme Baesso et al. (2014), os avanços em novas tecnologias de aplicação têm proporcionado melhor deposição dos produtos nos alvos, reduzindo a contaminação ambiental, aumentando a segurança dos colaboradores envolvidos e melhorando a qualidade do tratamento fitossanitário.

A produção de alimentos destinados a subsistência em escala, como milho, soja, arroz, aveia e feijão dependem de novas tecnologias e através delas é notável crescimento da produção de grãos, principalmente da soja, a qual é considerada a principal responsável pelo processo de transformação do agronegócio brasileiro (DE RESENDE et al., 2014).

Segundo a CONAB (2020), a soja, milho, arroz e algodão apresentam-se como as principais culturas produzidas no país. Esses quatro produtos correspondem a 94,4% do que foi produzido nesta safra.

A produção da soja foi de 113,8 milhões de toneladas, o milho atingiu 94 milhões de toneladas, o arroz, 10,6 milhões e o algodão em pluma, 2,6 milhões de toneladas. Para a atual safra, destacou-se o aumento da produção para o amendoim e mamona. O feijão possui três safras e foram produzidas 3,1 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2020). Na Figura 1, observa-se os índices de produção de grãos por estados brasileiros;

Figura 1 - Produção de grãos no Brasil, safra 2019/20



Fonte: CONAB (2020, p. 08).

2.2 Pulverizadores de barras no Brasil

Os primeiros pulverizadores surgiram, entre 1867 e 1900. Isso ocorreu em parte devido ao interesse dos agricultores em aumentar as produções e melhorar a qualidade das plantações. Com a migração do homem do campo para as zonas urbanas, forçou o desenvolvimento de novas tecnologias para aumento de produção, principalmente aquela que permitiriam que poucos indivíduos cultivassem áreas extensas, surgindo a prática da monocultura, que contribuiu para o desenvolvimento de pragas e doenças (CHAIM, 1999).

Atualmente existem vários tipos de pulverizadores e os mais utilizados nas regiões produtoras de grãos são os de barras. Segundo Santos e Santos Filho (2001), os pulverizadores de barras estão divididos em três tipos: os montados, de arrasto e automotrizes.

Urio (2011) destaca que pulverizadores montados, necessitam de tratores para serem acoplados e realizarem as operações. O acoplamento é feito através dos três

pontos de engate localizados na parte traseira do trator (Figura 2). Por serem pulverizadores menores, não são necessários tratores tão robustos, tornando sua aquisição viável para os produtores de áreas menores.

Figura 2 - Características de um pulverizador de barras montado



Fonte: Stara (2020).

Segundo Santos e Santos Filho (2001), os pulverizadores de arrasto são engatados e acionados pela tomada de potência do trator (Figura 3). São utilizados em áreas com cultivo de grãos e em outras culturas, desenvolvem velocidade menor que os automotrizes, devido a limitação de velocidade do trator e o conjunto trator/pulverizador apresenta maior comprimento, conseqüentemente necessita um maior espaço para manobra.

Figura 3 - Características de um pulverizador de barras de arrasto



Fonte: Khun (2020).

Os pulverizadores automotrizes são máquinas de alto desempenho, conseguindo desenvolver velocidades operacionais entre 15 e 30 km h⁻¹ durante a operação (Figura 4). Em situações favoráveis, são possíveis alcançarem velocidades operacionais próximas dos 40 km h⁻¹. Possuem cabines fechadas, isolando o contato do operador com o defensivo agrícola, apresentam sistemas embarcados mais sofisticados e suas barras medem de 15 a 48 metros de comprimento, (LOBO JÚNIOR, 2004).

Figura 4 - Características de um pulverizador de barras automotriz



Fonte: John Deere BR (2020).

2.3 Desempenho operacional dos pulverizadores de barras

Segundo Mialhe (1974), a capacidade de campo operacional de um pulverizador de barras utiliza a mesma unidade de medida das demais máquinas agrícolas, ou seja, a área tratada é dividida por uma unidade de tempo, expressando-se em hectares por hora (ha h⁻¹).

Segundo Milan (1992), a redução do custo horário em máquinas agrícolas está associado à aplicação de maior faixa de potência às frotas mecanizadas, pois ocorre o aumento da largura de trabalho dos equipamentos, otimização da capacidade de campo operacional, uma possível redução do número de tratores, aplica-se maior número de horas de trabalho para os conjuntos e conseqüentemente a diminuição dos custos fixos do maquinário agrícola.

Segundo Baio et al. (2004), os fatores que afetam diretamente a capacidade de campo operacional de um pulverizador de barras são: o tamanho dos talhões, os

tempos perdidos nas manobras, no reabastecimento, na calibração e na limpeza dos bicos pulverizadores.

Uma possibilidade de aumentar a capacidade operacional é a redução da taxa de aplicação, ação que pode ser alcançada pelo aumento da velocidade do pulverizador durante a operação, redução da pressão de trabalho no sistema ou utilização de pontas de menor vazão (FREITAS et al., 2005). Como exemplo, Silva (2018) avaliou o controle de *exserohilium turcicum* com a aplicação de fungicidas na cultura do milho utilizando duas taxas de aplicação (75 e 150 L ha⁻¹) e ambas as taxas obtiveram resultados similares no controle da doença.

Ter o devido conhecimento sobre a correta taxa de aplicação é importante para a operação. Gimenez e Milan (2007), em estudo realizado em 242 pulverizadores na região dos Campos Gerais, estado do Paraná, e na região sul do estado de São Paulo, mostraram que o ajuste correto da taxa de aplicação é realizado apenas em 59,6% dos pulverizadores de barras, enquanto 40,4% utilizam a mesma taxa de aplicação independentemente do tipo de defensivo agrícola aplicado.

Otimizar a frota de pulverização é um desafio, pois cada região brasileira apresenta características distintas, tais como relevo, tamanho de talhão e distância das áreas de cultivo. Identificar diferenças nas eficiências operacionais das diferentes regiões auxilia na regionalização dos cálculos de custo (VEIGA; ANTUNIASSI, 2008).

Segundo Veiga e Antuniassi (2008), os estados do Centro-Oeste apresentaram pulverizadores com fatores de eficiência maiores do que os estados do Sul, com importante influência nos tamanhos de talhões e nível tecnológico das máquinas.

A taxa de aplicação a ser utilizada em uma pulverização depende do modo de ação do produto defensivo agrícola, do tipo e grau de desenvolvimento do alvo e da tecnologia de aplicação utilizada. Reduzir a taxa de aplicação pode resultar em menor transporte de água ao campo, diminuindo o custo da aplicação e aumentando a capacidade de campo operacional dos pulverizadores (FARINHA et al., 2009).

Conforme Costa (2009), a rapidez e a qualidade da aplicação de defensivos agrícolas são fatores que contribuem para a produtividade, pois a capacidade de campo operacional da aplicação de defensivos agrícolas torna-se de grande valia em relação aos aspectos econômicos do processo produtivo.

Conforme Jasper e Silva (2013), independentemente do tamanho da propriedade a devida escolha de um equipamento utilizado deve ser realizada de forma racional,

adequando-se ao programa de produção da mesma e às características econômicas do empreendimento.

Segundo Frederico (2013), buscar novas técnicas de manejo, de armazenar, de transportar são as ações que contribuem para uma maior eficiência produtiva, reduz os custos de produção, aumenta a produtividade e obtém-se melhoras na eficiência logística de operação.

Devido a novas necessidades tecnológicas o produtor rural preocupado com o custo operacional, deve ter um pulverizador em devidas condições contribuindo na qualidade do produto aplicado. O pulverizador aferido, permite a melhor utilização de defensivos agrícolas durante as operações e minimizam efeitos ambientais indesejáveis (MACHADO 2014).

Conforme Stefanelo (2014), a taxa de aplicação influencia a eficiência operacional, pois o tempo gasto nas atividades de reabastecimento altera a capacidade de campo operacional dos pulverizadores. Em seus estudos, o uso de menores taxas de aplicação apresentou maior capacidade de campo operacional, cerca de 43% maior com taxa de aplicação de 34 L ha⁻¹ e 50% maior com 24 L ha⁻¹, quando comparados às aplicações realizadas à 120 L ha⁻¹.

Conforme Machado, Queiroz e Francisco (2015), o tempo disposto para reabastecimento do tanque do pulverizador de barras e o tempo de deslocamento para reabastecimento, impactam diretamente no tempo operacional da pulverização. A vazão da bomba (L min⁻¹) de reabastecimento do tanque do pulverizador de barras pode ter alta influência na capacidade de campo operacional.

Segundo Molin, Do Amaral e Colaço (2015), o objetivo de qualquer produtor rural será a obtenção de maior produtividade com o menor custo possível, sempre focado em um melhor retorno econômico da atividade. Assim a modernização da agricultura torna-se importante para o aumento da escala de produção, sendo necessária a mudança da percepção do agricultor sobre as novas tecnologias de aplicação, as quais passaram a demandar alto rendimento operacional dos pulverizadores.

2.4 Inspeção periódica de pulverizadores

Segundo Ganzelmeier (2007), os primeiros projetos de inspeção periódica de pulverizadores no mundo começaram em 1960 na Alemanha e em 1969 na Itália. No

entanto, devido ao baixo engajamento dos produtores alemães, em 1993, a inspeção tornou-se obrigatória para pulverizadores de barras. A inspeção periódica de pulverizadores de barras no Brasil iniciou-se no ano de 1998 pelo Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas (NEMPA) da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP-Campus de Botucatu-SP, através de uma pesquisa financiada pela FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (SIQUEIRA, 2009).

Segundo Gandolfo e Antuniassi (2019), a Inspeção Periódica de Pulverizadores é uma medida adotada para aperfeiçoar e certificar as pulverizações. Este processo tem como fundamento a manutenção e a qualidade dos pulverizadores, contribuindo para a redução de desperdícios oriundos do processo e buscando melhorias na eficiência da aplicação. Segundo Santos e Souza (2015), a Inspeção Periódica de Pulverizadores contribui para a qualidade da aplicação, pois é necessário que o pulverizador esteja em devida condição de uso e ser aferido com uma certa frequência. De acordo com o autor, o sucesso da aplicação não depende somente da eficiência do defensivo agrícola colocado sobre o alvo, mas também da qualidade e uniformidade da distribuição.

Segundo Siqueira e Antuniassi (2011), dados do Projeto IPP mostram que em 2006 os erros na taxa de aplicação eram significativos em algumas regiões do Brasil, com valores de 70,4% para o Rio Grande do Sul, 74,5% para o Paraná e 37,5% para o Mato Grosso do Sul. Em 2007 o projeto retornou a algumas dessas regiões, observando que houve redução dos erros, com valores de 50,0% para o Rio Grande do Sul e 66,7% para o Paraná. Nota-se que a atuação do Projeto IPP no incentivo e capacitação quanto a inspeção periódica de pulverizadores nos anos de 2006 para 2007 promoveu avanços nas condições de uso, manutenção e calibração dos pulverizadores nos estados avaliados, com reduções significativas nos erros da taxa de aplicação, apresentaram menos vazamentos e menos inadequações de pontas.

Em estudos realizados no Rio Grande do Sul, onde foram inspecionados 84 automotrizes e 75 pulverizadores de arrasto, apenas 4 pulverizadores (4,8 %) estavam aptos aos padrões permitidos e o longo tempo de uso foi a principal causa de não atenderem os padrões de aferição dos pulverizadores. Ainda, os automotrizes apresentaram maior aprovação em relação aos pulverizadores de arrasto (DORNELLES et al., 2011).

Martini (2019) ressalta a importância de inspeções obrigatórias no Brasil para os pulverizadores, incentivos no setor e especialmente no que se refere à modernização

da frota agrícola. Considerando os problemas de aplicação mais frequentes, foi possível verificar que em seus estudos, em 64,29% das avaliações, a precisão do manômetro foi considerada seriamente defeituosa. Em 73,21%, a distribuição transversal das barras de pulverização também foi falha, relacionado a erros no espaçamento entre os bicos de pulverização, e ao desgaste, afetando 76,79% dos casos em termos da taxa de aplicação.

2.5 Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas

A tecnologia de aplicação é um dos mais importantes componentes do processo de produção agrícola, pois é responsável pela correta deposição dos defensivos agrícolas no alvo. Embora busca-se a rentabilidade produtiva, a tecnologia de aplicação visa os cuidados com a máxima preservação do meio ambiente e a os cuidados necessários com a saúde dos colaboradores envolvidos no processo produtivo (MATUO, 1990).

Segundo Ramos (2000), a tecnologia de aplicação consiste no conjunto de conhecimentos científicos que buscam a máxima eficiência na deposição de defensivos agrícolas no alvo, aplicar a quantidade proposta de uma maneira econômica e minimizar o impacto ambiental.

Para a tomada de decisão correta quanto ao uso da tecnologia de aplicação adequada, como modelo de ponta e taxa de aplicação, deve-se definir qual o alvo a se atingir, sendo necessário a utilização de gotas de maior ou menor tamanho e taxas de aplicações diferentes. Busca-se uma melhor eficiência operacional e segurança de cada produto aplicado. Além do alvo, a característica do produto também influi no modo de aplicação, onde produtos sistêmicos que são absorvidos e translocados na planta permitem a utilização de gotas mais grossas quando comparados aos produtos de contato (ANTUNIASSI, 2005).

Segundo Balan et al. (2008), busca-se a diminuição de taxa de aplicação com a intenção de redução de custos e aumento da eficiência das aplicações. O domínio do conhecimento sobre a tecnologia de aplicação é fundamental para que o defensivo agrícola alcance o alvo de maneira eficiente, sendo necessário uma uniformidade de aplicação e tamanhos de gotas adequadas.

Segundo Antuniassi et al. (2017), o entendimento da tecnologia de aplicação depende da articulação de diversos setores do conhecimento, como os defensivos agrícolas, as formulações, os adjuvantes, o processo de pulverização, os alvos, os recursos humanos, a tecnologia de informação e o ambiente (Figura 5).

Figura 5 - Conhecimentos que integram a tecnologia de aplicação



Fonte: Agroefetiva (2019).

2.6 A capacidade operacional da pulverização e o risco de deriva

A popularização do sistema do plantio direto no Brasil contribuiu fortemente para o crescimento no interesse pela tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas, pois utiliza-se desta tecnologia para a dessecação de culturas e o controle de plantas daninhas. Por outro lado, o crescimento no uso de herbicidas gerou aumento nos riscos de deriva acidental em culturas vizinhas suscetíveis (MAGALHÃES et al., 2001). Ozkan (2019) definiu a deriva como o defensivo em movimento no ar, durante ou depois da aplicação, sendo levado para um local diferente do proposto na aplicação.

Um dos fatores importantes para a segurança ambiental de uma aplicação e para a redução dos riscos de deriva é a escolha do momento correto para a realização das atividades no campo. Antuniassi (2009) ressalta as condições meteorológicas ideais para as aplicações, indicando que o risco de deriva é menor se as aplicações forem realizadas com umidade relativa superior a 50%, temperatura inferior a 30 C° e

velocidade, média do vento entre 3 a 10 km h⁻¹. Segundo o autor, a ausência de vento pode indicar a possibilidade de inversões térmicas e correntes convectivas, fatores que podem ocasionar deriva.

Segundo Da Cunha (2008), com o aumento do tamanho das gotas e a diminuição da altura do bico de pulverização em relação ao alvo, é possível reduzir o risco de deriva, deve-se levar em consideração as condições de vento durante as aplicações, tendo em vista que esse parâmetro influencia diretamente a distância de arrastamento das gotas.

Segundo Oliveira (2011), o alto consumo por defensivos agrícolas em novos sistemas de produção aliado a desinformação dos usuários torna a deriva uma das maiores preocupações da tecnologia de aplicação. Pode-se ocasionar riscos à saúde humana, impactos ao meio ambiente e aumentar os custos da produção agrícola. Ainda segundo o autor, em função das condições locais de aplicação, é preciso adequar o seu tamanho de gotas, para garantir ao mesmo tempo a correta deposição do produto no alvo e minimizar o impacto ambiental.

A capacidade operacional de um pulverizador pode ser aumentada utilizando-se maior velocidade de deslocamento do pulverizador e/ou menores taxas de aplicação. Entretanto, estas ações podem aumentar o risco de deriva, pois as taxas de aplicação reduzidas e as maiores velocidades de pulverização induzem ao uso de gotas mais finas, tornando-as mais suscetíveis de serem transportadas por correntes de ar indesejáveis ou sofrerem evaporação (CHAGAS et al. 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo utilizou dados coletados pelo Projeto IPP - Inspeção Periódica de Pulverizadores (FCA/UNESP -Botucatu/SP), dentro das atividades do PAR (Programa de Aplicação Responsável), um projeto de parceria entre a empresa Corteva Agriscience e FEPAF (Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais). Objetivo do PAR é difundir aos participantes noções de boas práticas e responsabilidade nas aplicações de defensivos agrícolas. As inspeções ocorreram durante os treinamentos oferecidos pelo PAR para produtores de grãos e sementes no período de 2008 a 2018.

3.1 Distribuição dos pulverizadores avaliados por região nos diferentes anos de avaliação

Nos anos de 2008 a 2018 foram avaliados 523 pulverizadores de barras assim distribuídos: 283 na região Centro-Oeste, 41 na região Nordeste, 17 na região Norte, 57 na região Sudeste e 125 na região Sul. As inspeções seguiram o cronograma estabelecido pelo PAR (Programa de Aplicação Responsável) e não ocorreu em todos os anos nas cinco regiões (Tabela 1).

Tabela 1 - Distribuição dos pulverizadores de barras avaliados por região nos diferentes anos de avaliação

Anos	Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul	Total Geral
2008	34				3	37
2009	18				10	28
2010	25					25
2011	23		1			24
2012	12				23	35
2013	19	4	1	3	19	46
2014	29	7	4	8	28	76
2015	59	2	3	27	16	107
2016	38	15	4	15	14	86
2017	18	13	4	2		37
2018	8			2	12	22
Total Geral	283	41	17	57	125	523

Fonte: FCA/UNESP, Corteva e FEPAF (2008 a 2018).

3.2 Inspeção periódica de pulverizadores (IPP)

Seguindo a metodologia do projeto IPP, descrita por Gandolfo e Antuniassi (2019), as inspeções foram realizadas nos pulverizadores das propriedades visitadas pelo PAR - Programa de Aplicação Responsável (Figura 6).

Figura 6 - Preparo do pulverizador e acessórios para inspeção



Fonte: Relatório PAR, FEPAF (2018).

Os participantes acompanhavam todos os itens de inspeção através da planilha que descreve a ordem da vistoria (Figura 7). Cada participante recebia uma planilha, além da cartilha e caneta, para que pudessem dar continuidade às práticas de inspeção, após o final do treinamento. Nesta planilha de inspeção foram levantadas informações como: características do pulverizador, condições dos equipamentos do sistema de pulverização, situação do manômetro, falhas no sistema e a taxa de aplicação esperada, entre outras.

Figura 7 - Planilha utilizada nas inspeções do PAR

BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE APLICAÇÃO RESPONSÁVEL

INSPEÇÃO PERIÓDICA DE PULVERIZADOR

AValiação DAS CONdições DO EQUIPAMENTO

Marca do Equipamento: _____ Área de Pulverização: _____
 Modelo: _____ Ano de Fabricação: _____
 Tamanho da Barra: _____ Capacidade do Tanque: _____

AValiação DAS CONdições DE USO
PULVERIZADOR DESLIGADO

ITENS	CONFORMIDADE	
1. MANGUEIRAS (OBSERVAR SE HÁ DANOS)	SIM ()	NÃO ()
2. LOCALIZAÇÃO DAS MANGUEIRAS	SIM ()	NÃO ()
3. ESTADO DOS FILTROS DE SUÇÃO	SIM ()	NÃO ()
4. ESTADO DOS FILTROS DE LINHA	SIM ()	NÃO ()
5. ESPAÇAMENTO ENTRE BICOS: ERRO TOLERÁVEL DE $\pm 10\%$	SIM ()	NÃO ()
6. PONTAS DE PULVERIZAÇÃO	SIM ()	NÃO ()
7. PROTEÇÃO DAS PARTES MÓVEIS	SIM ()	NÃO ()
8. PRESENÇA DO MANÔMETRO	SIM ()	NÃO ()

PULVERIZADOR LIGADO

9. Funcionamento do Manômetro e Adequação do Manômetro

O manômetro é adequado quando a pressão de trabalho estiver entre 25% e 75% da escala máxima indicada.

Pressão Máxima Indicada no Manômetro =	X 0,25 =	X 0,75 =	Minimo	Pressão de Trabalho	Máximo

10. VAZAMENTOS

SIM () NÃO ()

DESLIGAR O PULVERIZADOR

11. PRESENÇA E FUNCIONAMENTO DAS VÁLVULAS ANTIGOTEJO

SIM () NÃO ()

COLETAR A VAZÃO INDIVIDUAL DAS PONTAS

12. ESTADO E CONSERVAÇÃO DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO (ERRO DE $\pm 10\%$)

SIM () NÃO ()

VERIFICAÇÃO DA VAZÃO DE CADA PONTA

13. DOSE DE APLICAÇÃO (ERRO TOLERÁVEL DE $\pm 5\%$)

SIM () NÃO ()

O produtor usa alguma técnica para a redução de deriva?
 Se sim, qual e descreva a técnica.
 Resposta: _____



® TM * Marca registrada da The Dow Chemical Company ("Dow") ou uma companhia afiliada da Dow.

Abri | 2015 • M

Fonte: Relatório PAR, FEPAF (2018).

3.3 Dados coletados durante as inspeções dos pulverizadores

Através das planilhas de inspeção foram levantadas informações variadas sobre as operações de pulverização nas fazendas, como o tamanho da barra, a capacidade do tanque e a taxa de aplicação real. A velocidade de trabalho também foi registrada na planilha para a caracterização dos pulverizadores de barras inspecionados. Assim foi possível determinar o perfil tecnológico de cada fazenda, em cada região. Estes dados

foram utilizados como base para os cálculos de capacidade de campo operacional dos pulverizadores, conforme Tabela 2;

Tabela 2 - Dados coletados a partir das planilhas de inspeção do PAR	
Fatores	Unidade de Medida
Tipo de pulverizador de barras	Montado/Arrasto/Automotriz
Tamanho da barra (largura da faixa)	m (metros)
Capacidade do tanque	L (litros)
Taxa de aplicação real	L ha ⁻¹
Velocidade de trabalho	Km h ⁻¹

3.4 Metodologia adotada para calcular a capacidade de campo operacional

Todas as informações foram compiladas em uma tabela no *Microsoft Excel*, possibilitando o cálculo da capacidade de campo operacional de cada pulverizador através da fórmula descrita Matuo (1990).

$$Cco = 60 \div \left(\frac{10000}{Va \times L} + \frac{10000 \times Tv}{C \times L} + \frac{d \times V}{Vd \times Ca} + \frac{Tr \times T}{Ca} \right) \quad (1)$$

Em que:

Cco: Capacidade de campo operacional, (ha h⁻¹);

Va: Velocidade de aplicação transformada de Km h⁻¹ para m.min⁻¹ (m.min⁻¹);

L: Largura da faixa de aplicação (tamanho da barra), (m);

Tv: Tempo de manobra (min);

C: Comprimento da faixa de tratamento, conforme equação 3, (m);

d: Distância total percorrida para cada reabastecimento, conforme equação 4, (m);

T: Taxa de aplicação real, após inspeção, (L ha⁻¹);

Vd: Velocidade de deslocamento para reabastecimento, (m min⁻¹);

Ca: Capacidade de tanque, (L);

Tr: Tempo de reabastecimento do tanque (min).

Parte das informações requeridas na fórmula de Matuo (1990) não constava das planilhas de inspeção do PAR. Por esta razão, foi necessário adotar alguns valores básicos e utilizar alguns parâmetros de operações publicados por Veiga e Antuniassi (2008), que apresentaram dados sobre operações de pulverização coletados em mais de 70 propriedades em diferentes regiões do Brasil. A partir desta publicação obteve-se informações sobre o tamanho médio de talhões em diferentes regiões, assim como uma estimativa do tempo gasto no reabastecimento de calda dos pulverizadores (15 minutos em média). Na sequência, a velocidade de deslocamento para reabastecimento foi considerada como sendo a mesma velocidade de trabalho do pulverizador, a qual foi obtida das planilhas do PAR.

Para completar o conjunto de dados requeridos pela Fórmula de Matuo (1990), foi necessário calcular o comprimento da faixa de tratamento, a distância total percorrida para cada reabastecimento e adotar um tempo de manobra padrão, que ficou definido como sendo 0,2 min (12 segundos) para todos os pulverizadores. Esse tempo de manobra foi adotado a partir de informações pessoais coletadas junto a alguns operadores de pulverizador.

No que se refere à determinação do comprimento da faixa de tratamento, foi necessária uma dedução a partir dos tamanhos dos talhões por região, utilizando-se como base os valores médios publicados por Veiga e Antuniassi (2008). Inicialmente, como Veiga e Antuniassi (2008) não coletaram informações em todos os estados onde foram gerados os dados de inspeção utilizados neste trabalho, adotou-se um critério de pareamento por similaridade dentre as áreas produtoras de grãos visitadas por Veiga e Antuniassi (2008), conforme descrito na Tabela 3;

Tabela 3 - Área média dos tamanhos dos talhões por estado

Estados visitados pelo PAR	Área média dos talhões (ha)*	Estado de origem da informação*
MT, BA, MA, PI, PA, RO e TO	185,83	MT
GO	179,02	GO
MS e MG	99,98	MS
RS	82,88	RS
PR, SC e SP	79,62	PR

* Dados publicados por Veiga e Antuniassi (2008).

Assim, foi possível o desenvolvimento de uma equação para calcular o comprimento da faixa de tratamento utilizando o tamanho médio dos talhões das propriedades, segmentando por estado. Para efeito de simplificação, adotou-se que um talhão "genérico" teria um formato geométrico de um quadrado. Assim, o tamanho da lateral do quadrado pode ser calculado pela raiz quadrada da área e, por ser um quadrado, representaria o comprimento das faixas de trabalho. Desta maneira, foi possível determinar um comprimento médio de faixa de tratamento para cada região a partir da equação:

$$C = \sqrt{Tmt} \quad (2)$$

Em que:

C: Comprimento da faixa de tratamento, (m);

Tmt: Tamanho médio dos talhões em cada região, (ha).

Para o cálculo da distância total percorrida para cada reabastecimento, o cenário simulado representa uma situação comum nas propriedades produtoras de grãos, onde a equipe de reabastecimento dos pulverizadores fica nas bordas do talhão aguardando o pulverizador retornar para fazer os reabastecimentos. Neste caso, a situação simulada neste trabalho representaria o pior caso, onde o pulverizador termina a calda no lado oposto da área. Assim, o deslocamento seria de, no máximo, 2 vezes o comprimento da faixa (considerando a ida para o abastecimento e a volta ao ponto onde a operação foi interrompida):

$$d = 2 \times C \quad (3)$$

Em que:

d: Distância total percorrida para cada reabastecimento, (m);

C: Comprimento da faixa de tratamento, (m).

A partir dos dados calculados da Cco de cada pulverizador, em cada localidade, calculou-se a capacidade de campo operacional média para cada região:

$$C_{com} = \frac{\Sigma C_{co}}{np} \quad (4)$$

Em que:

C_{com} : Capacidade de campo operacional média na região (ha h⁻¹);

C_{co} : Capacidade de campo operacional de cada pulverizador na região (ha h⁻¹);

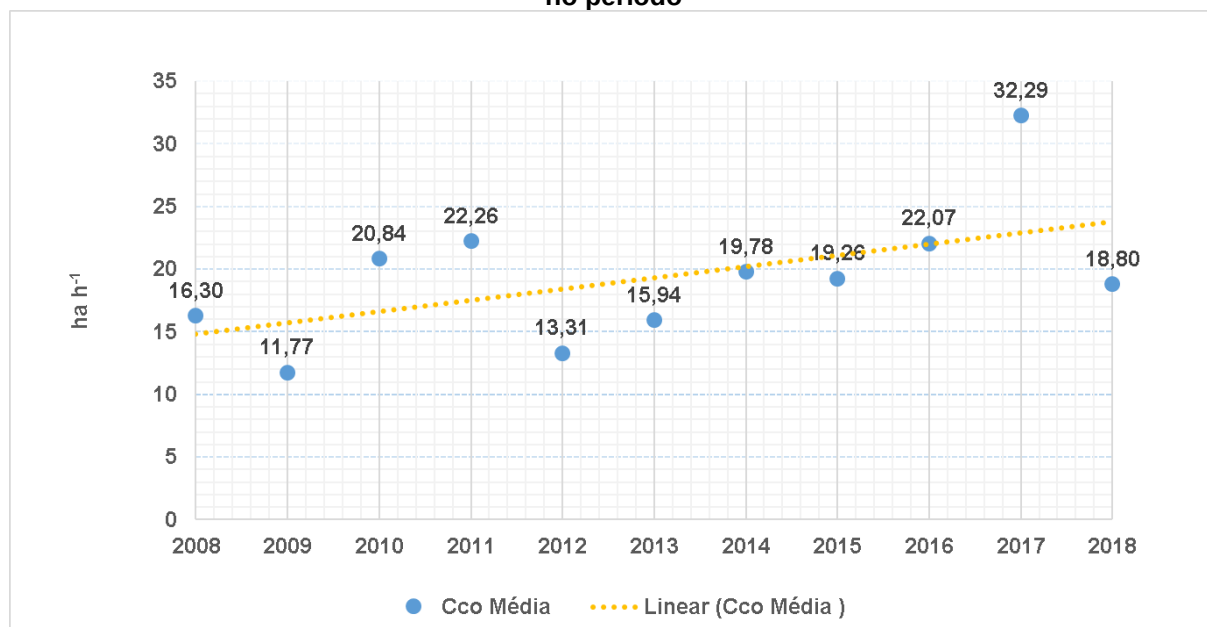
np : Número de pulverizadores por região.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Evolução da capacidade de campo operacional dos pulverizadores de 2008 a 2018

No Gráfico 1 observa-se a média geral anual da capacidade de campo operacional de todos os pulverizadores inspecionados, considerando todas as regiões, mostrando a evolução de 2008 a 2018.

Gráfico 1 - Evolução da capacidade de campo operacional média dos pulverizadores, a cada ano, no período de 2008 a 2018, considerando os 523 pulverizadores de barras inspecionados no período



Apesar de não haver um propósito específico do ajuste de um modelo linear aos dados, observa-se que a linha de tendência mostra uma correlação positiva, com tendência de crescimento da capacidade de campo operacional dos pulverizadores ao longo do tempo. Evidenciam-se assim as preocupações dos produtores rurais em aumentar a capacidade operacional (ha h⁻¹) dos pulverizadores, sempre em busca de operações mais rápidas e de menor custo. Esse comportamento reflete as considerações apresentadas por Milan (1992) e Molin, Do Amaral e Colaço (2015) sobre a busca constante por maiores capacidades operacionais e menores custos.

Na Tabela 4, foram analisadas as características dos pulverizadores e das operações para cada região. A região Sul apresentou os menores pulverizadores quanto a capacidade média de tanque (1455 L), largura média da barra (17,68 m) e menor velocidade dentre as regiões estudadas. A região Sudeste apresentou a maior taxa de aplicação real (171,10 L ha⁻¹), enquanto a região Nordeste apresentou os maiores valores médios de capacidade de tanque (2915 L), largura da barra (29,32 m), média de velocidade de trabalho (19,80 km/h), além da menor média de taxa de aplicação real (78,47 L ha⁻¹).

Tabela 4 - Características dos pulverizadores por regiões, representadas pelos valores médios

Regiões	Capacidade média dos tanques (L)	Largura média das barras (m)	Velocidade média de trabalho (Km h ⁻¹)	Taxa de aplicação Média (L ha ⁻¹)
Centro-Oeste	2381	24,67	15,41	98,58
Nordeste	2915	29,32	19,80	78,47
Norte	2565	25,29	14,68	86,71
Sudeste	1814	20,89	9,31	171,10
Sul	1455	17,68	7,99	132,20
Média	2146	22,97	13,29	112,55

Nota-se que as regiões com os talhões maiores (Norte, Nordeste e Centro Oeste, vide Tabela 3) foram aquelas que apresentaram os pulverizadores com as maiores barras (acima de 24 m), as maiores velocidades (acima de 14km h⁻¹) e as menores taxas de aplicação (inferior a 100 L ha⁻¹). Essa conjugação reflete claramente as preferências lógicas por pulverizadores com maior capacidade operacional.

Através dos dados gerados individualmente para cada pulverizador, calculou-se a capacidade de campo operacional média por região (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios das características operacionais dos pulverizadores de barras por regiões brasileiras produtoras de grãos

Regiões	Média de Cco (ha h ⁻¹)
Centro-Oeste	23,28
Nordeste	36,25
Norte	23,91
Sudeste	11,25
Sul	9,09
Média	19,61

Nota-se (Tabela 5) que a região Sul, com os menores pulverizadores, apresentou a menor capacidade operacional média em relação as médias gerais das demais regiões ($9,09 \text{ ha h}^{-1}$), enquanto a região nordeste, que possui os maiores pulverizadores, apresentou a maior capacidade de campo operacional ($36,25 \text{ ha h}^{-1}$).

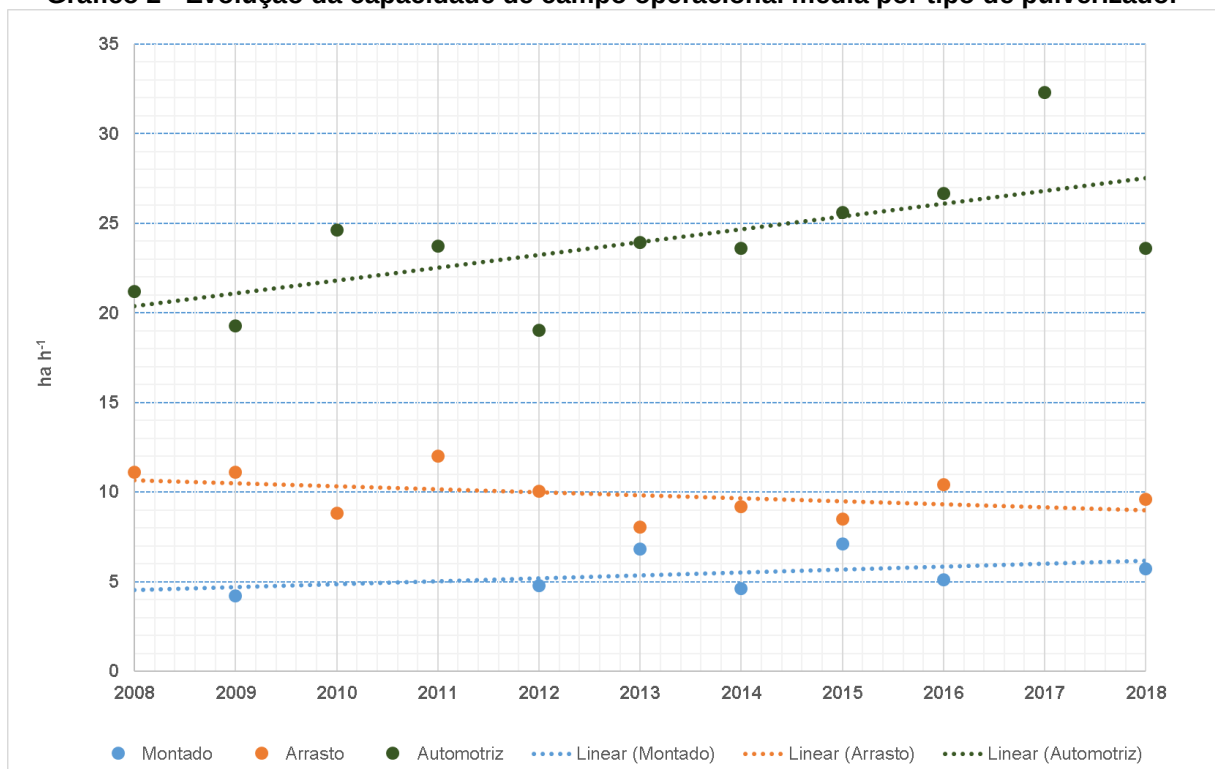
A Tabela 6 apresenta os valores da capacidade de campo operacional segmentados de acordo com o tipo de pulverizador. Dentre os 523 pulverizadores inspecionados, 93 eram montados, 72 de arrasto e 358 automotrizes.

Tabela 6 - Valores médios da capacidade de campo operacional segmentados de acordo com o tipo de pulverizador de barras

Anos	Montado (ha h^{-1})	Arrasto (ha h^{-1})	Automotriz (ha h^{-1})
2008		11,11	21,21
2009	4,22	11,12	19,28
2010		8,83	24,63
2011		12,00	23,72
2012	4,77	10,04	19,03
2013	6,83	8,06	23,93
2014	4,60	9,20	23,60
2015	7,12	8,49	25,60
2016	5,09	10,40	26,65
2017			32,29
2018	5,73	9,60	23,61
Média	5,93	10,14	25,07

Através da Tabela 6, é possível identificar que, em média, os pulverizadores automotrizes tratam 4,2 vezes mais área por tempo do que os pulverizadores montados, e 2,5 vezes mais do que os pulverizadores de arrasto. A partir dos dados da Tabela 6, foi possível gerar um gráfico que mostra a evolução da capacidade operacional ao longo dos anos por tipo de pulverizador de barras (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Evolução da capacidade de campo operacional média por tipo de pulverizador



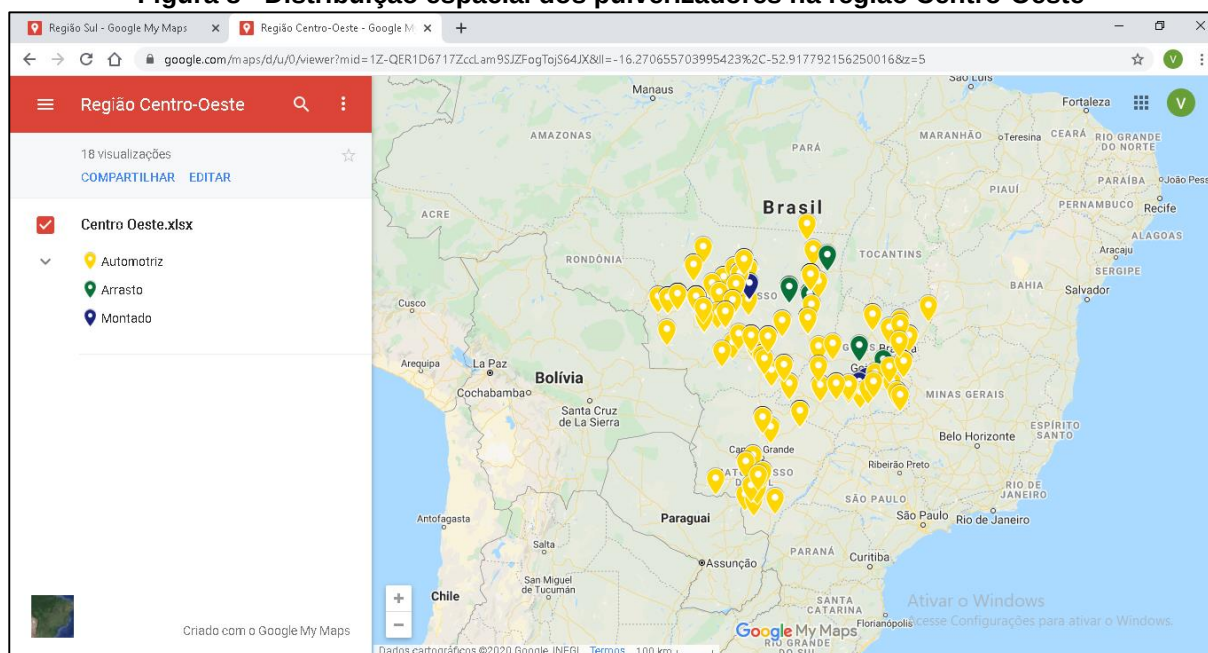
Ao longo dos anos, nota-se uma tendência de crescimento da capacidade de campo operacional dos pulverizadores automotrizes, demonstrando as preocupações dos produtores a necessidade de redução do tempo necessário para os trabalhos. Por esta razão, a tendência que se mostra é a adoção de pulverizadores com tanques maiores, barras maiores e maiores velocidades de deslocamento, permitindo aumentar a capacidade de campo operacional. Os pulverizadores de barras montados e de arrasto não apresentam tendências marcantes, uma vez que são limitados à velocidade dos tratores e tem seu mercado direcionado às pequenas e médias propriedades. Do ponto de vista prático, é esperado que um agricultor que necessite de maior capacidade operacional e que esteja utilizando um pulverizador montado faça a migração para um de arrasto, e na sequência para um automotriz.

A seguir serão apresentados os resultados detalhados das cinco regiões estudadas. Todos os pontos de coletas foram mapeados através do *Google My Maps* a fim de demonstrar a distribuição espacial de cada região.

4.2 Resultados da região Centro-Oeste

Apenas a região Centro-Oeste esteve presente em todos os anos do estudo e apresenta a maior amostra, com 54% dos pulverizadores. Foram inspecionados 283 pulverizadores, onde 235 eram automotriz, 42 de arrasto e 06 montados. Conforme Figura 8, os pulverizadores de barras estão por quase todo estado do Mato Grosso e Goiás e com uma maior concentração ao sul do Mato Grosso do Sul.

Figura 8 - Distribuição espacial dos pulverizadores na região Centro-Oeste



Fonte: My Maps, Google (2020).

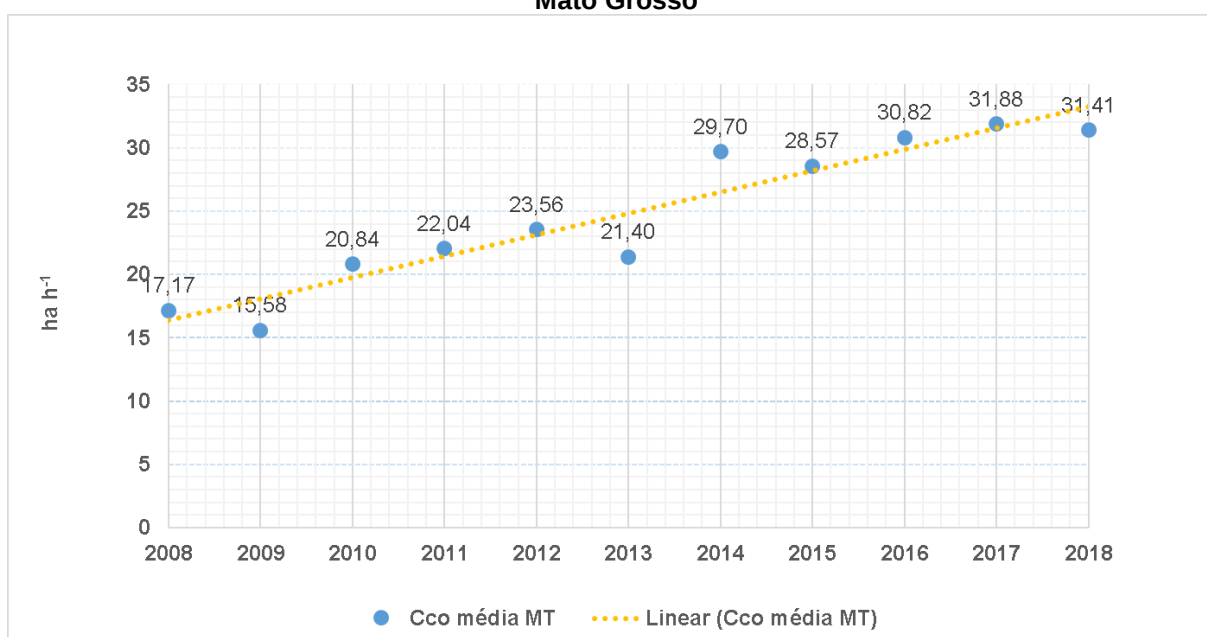
O estado do Mato Grosso esteve presente em todos os anos estudados com 199 pulverizadores, destacou-se no ano de 2017, com a maior capacidade de campo operacional de $29,88 \text{ ha h}^{-1}$, observado na Tabela 7. O estado do Mato Grosso do Sul com 32 pulverizadores, apresentou a maior média global de $25,31 \text{ ha h}^{-1}$ e o estado de Goiás com 52 pulverizadores, apresentou menor média de capacidade de campo operacional da região centro-oeste, com o valor de $21,54 \text{ ha h}^{-1}$.

Tabela 7 - Capacidade de campo operacional média dos pulverizadores na região Centro-Oeste

Anos	Goiás (ha h ⁻¹)	Mato Grosso do Sul (ha h ⁻¹)	Mato Grosso (ha h ⁻¹)
2008			17,17
2009			15,58
2010			20,84
2011			22,04
2012	12,25		23,56
2013	29,94		21,40
2014	20,63	29,88	29,70
2015	21,30	26,93	28,57
2016	21,22	17,51	30,82
2017		30,33	31,88
2018	23,50		31,41
Média	21,54	25,31	23,40

Presente em todos anos, destaca-se o estado do Mato Grosso (MT), que é o maior estado produtor de grãos no Brasil (Figura 1). O MT apresenta uma expressiva evolução da capacidade de campo operacional de 2008 a 2018, praticamente dobrando de 17,17 ha h⁻¹ para 31,41 ha h⁻¹, um crescimento de 1,8 vezes nas áreas tratadas, conforme Gráfico 3;

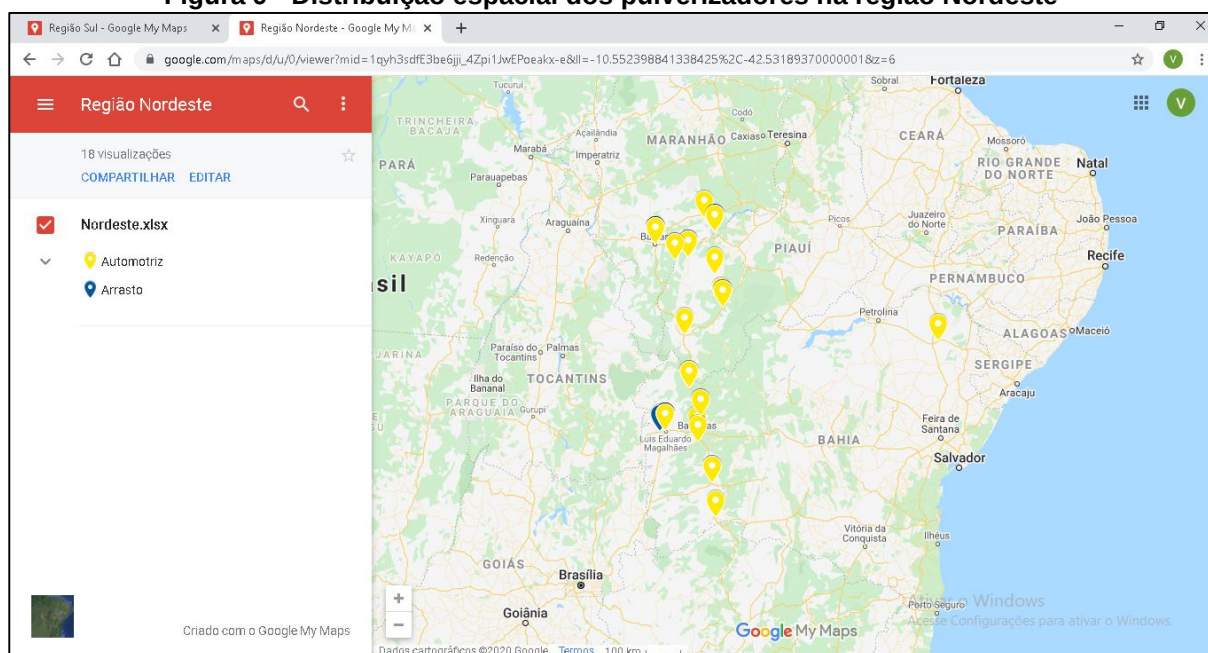
Gráfico 3 - Evolução da capacidade de campo operacional média dos pulverizadores no Mato Grosso



4.3 Resultados da região Nordeste

Na região Nordeste (Figura 9) foram inspecionados 41 pulverizadores, onde 40 eram automotrizes e 01 de arrasto, nota-se que as concentrações destes pulverizadores de barras estão ao oeste da Bahia e ao sul do Maranhão e Piauí, regiões onde se concentram as fazendas de produção de grãos.

Figura 9 - Distribuição espacial dos pulverizadores na região Nordeste



Fonte: My Maps, Google (2020).

A região Nordeste apresentou um elevado número de pulverizadores automotrizes e o estado do Maranhão destacou-se no ano de 2017 com a capacidade operacional média de $45,70 \text{ ha h}^{-1}$, valor este superior aos demais estados do estudo e uma média global de $42,32 \text{ ha h}^{-1}$, conforme Tabela 8;

Tabela 8 - Capacidade de campo operacional média dos pulverizadores na região Nordeste

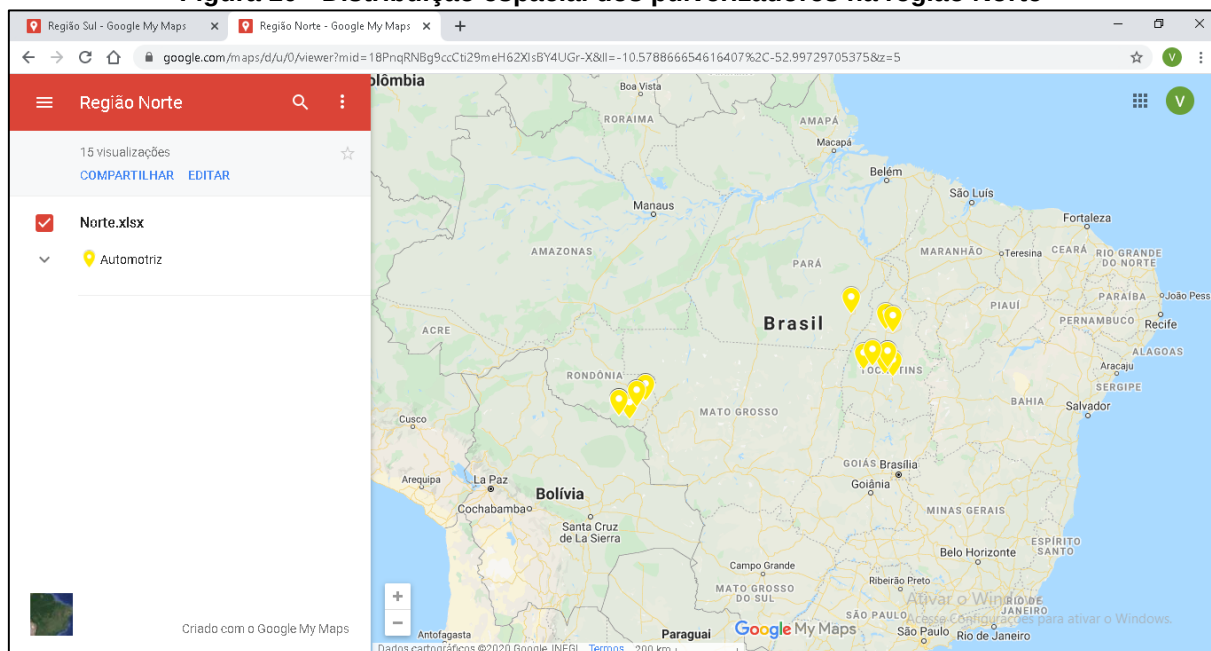
Anos	Bahia (ha h^{-1})	Maranhão (ha h^{-1})	Piauí (ha h^{-1})
2013			22,09
2014	36,89	42,93	39,37
2015	37,32	29,16	
2016	31,32	42,91	40,80
2017	36,43	45,70	40,48
Média	34,40	42,32	34,75

Nota-se na Tabela 8 que os estados da Bahia e Piauí apresentaram proximidade na média global de 34 ha h⁻¹. O estado do Piauí apresenta um notório crescimento ao longo dos anos de 22,09 ha h⁻¹ para 40,48 ha h⁻¹.

4.4 Resultados da região Norte

Na região Norte (Figura 10) foram inspecionados 17 pulverizadores, todos automotriz, com destaque para o sul de Rondônia e o centro-oeste do Tocantins.

Figura 10 - Distribuição espacial dos pulverizadores na região Norte



Fonte: My Maps, Google (2020).

Tabela 9 - Capacidade de campo operacional média dos pulverizadores na região Norte

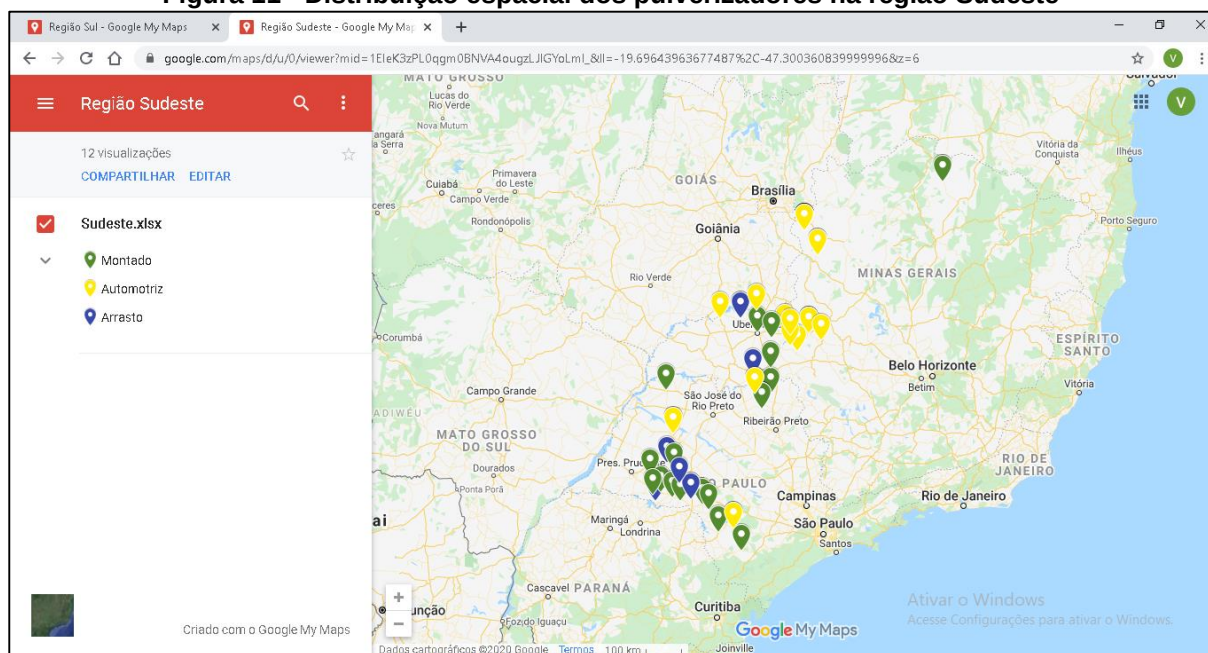
Anos	Pará (ha h ⁻¹)	Rondônia (ha h ⁻¹)	Tocantins (ha h ⁻¹)
2011		27,27	
2013		20,05	
2014		42,19	25,62
2015		26,56	13,15
2016		18,16	22,86
2017	19,68	23,08	21,20
Média	19,68	25,87	22,47

A região Norte apresenta apenas pulverizadores automotrizes e estado de Rondônia apresenta a melhor média global da capacidade de campo operacional de 25,87 ha h⁻¹ e destacou-se no ano de 2014, onde alcançou um valor de 42,19 ha h⁻¹, conforme Tabela 9. O estado do Tocantins manteve-se na média da região conforme Tabela 5. O estado do Pará apresentou apenas um pulverizador automotriz no ano de 2017, com a capacidade de campo operacional de 19,68 ha h⁻¹.

4.5 Resultados da região Sudeste

Na região Sudeste (Figura 11) foram inspecionados 57 pulverizadores, onde 10 eram de arrasto, 22 automotrizes e 25 montados. A região apresenta um número maior de pulverizadores tratorizados, com um percentual de 61%. Destaque para o centro-oeste de São Paulo e o Sul de Minas Gerais.

Figura 11 - Distribuição espacial dos pulverizadores na região Sudeste



Fonte: My Maps, Google (2020).

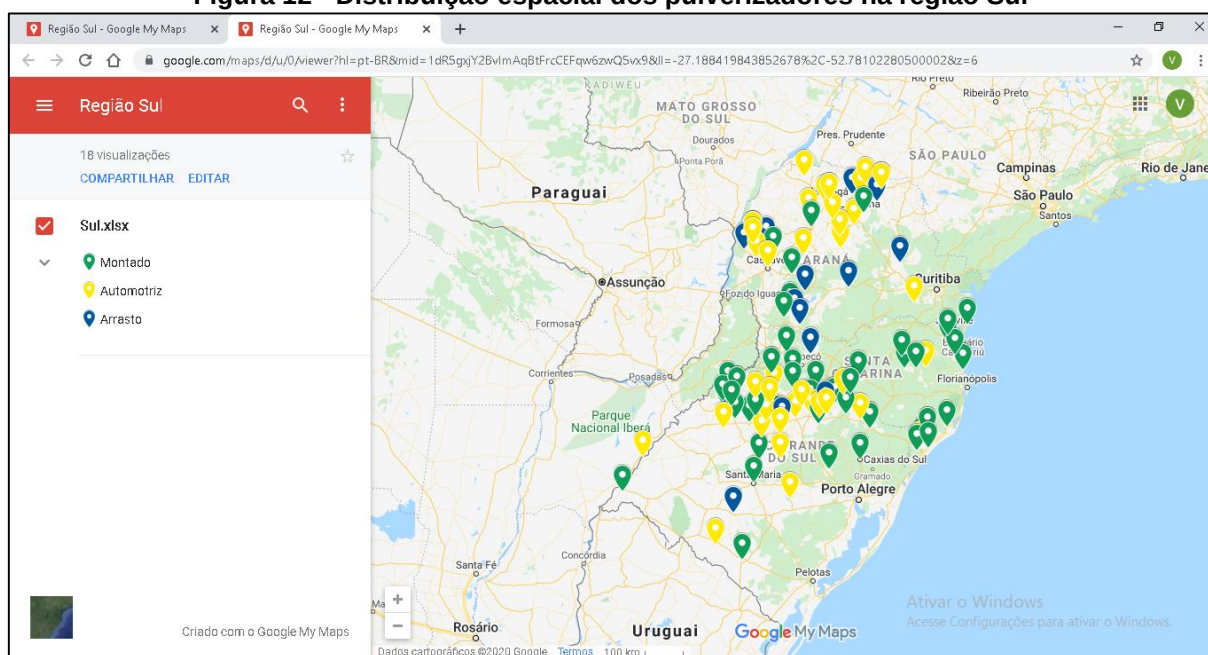
A região Sudeste com a maior taxa de aplicação média (171,10 L ha⁻¹), apresenta a segunda menor média da capacidade de campo operacional (11,25 ha h⁻¹), em relação aos anos do estudo. O estado de Minas Gerais apresenta uma média de 14,66 ha h⁻¹, superior ao estado de São Paulo, conforme Tabela 10. Nota-se que o estado de São Paulo apresenta uma evolução positiva na capacidade de campo operacional.

Tabela 10 - Capacidade de campo operacional média dos pulverizadores na região Sudeste

Anos	Minas Gerais (ha h ⁻¹)	São Paulo (ha h ⁻¹)
2013		6,51
2014	27,86	7,29
2015	10,47	7,82
2016	13,16	9,59
2017	17,73	16,31
2018	23,83	
Média	14,66	8,18

4.6 Resultados da região Sul

A região Sul com 24% dos pulverizadores, apresenta a segunda maior amostra do estudo. Foram inspecionados 125 pulverizadores, onde 19 eram de arrasto, 44 automotrizes e 62 montados. A região apresenta um percentual de 65% em pulverizadores de barras tratorizados. Conforme figura 12, maior parte de sua distribuição espacial está ao norte e oeste do Paraná, sudoeste de Santa Catarina e o norte do Rio Grande do Sul.

Figura 12 - Distribuição espacial dos pulverizadores na região Sul

Fonte: My Maps, Google (2020).

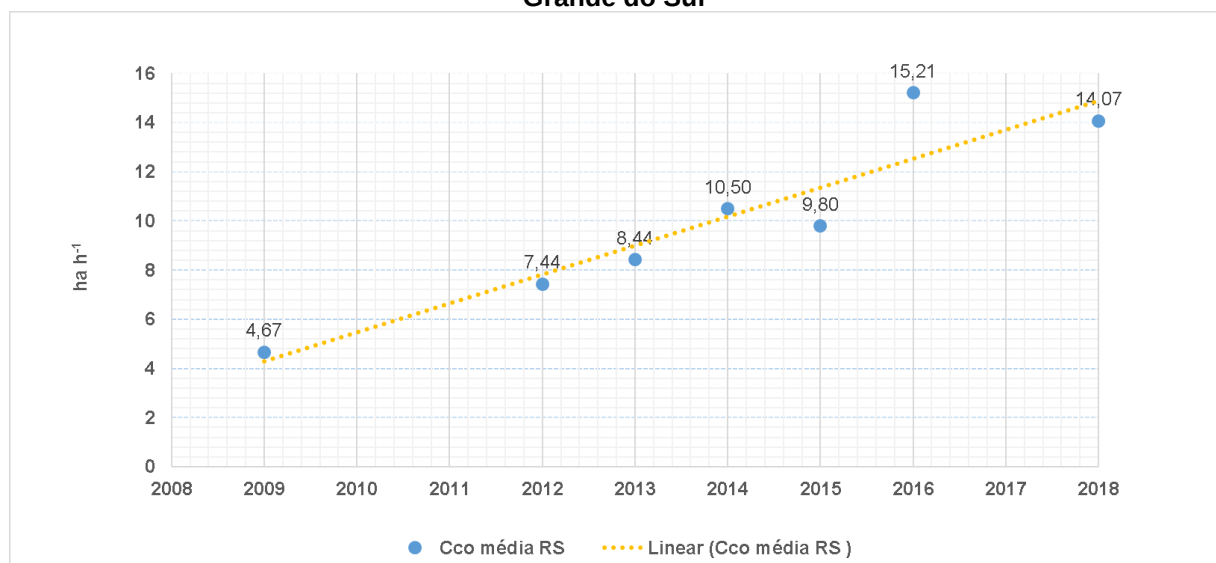
A região Sul apresenta os menores talhões, menores pulverizadores de barras e menores velocidades de trabalho, em comparação a demais regiões presentes no estudo, conforme Tabela 4. Consequentemente apresenta a menor média da capacidade de campo operacional de $9,09 \text{ ha h}^{-1}$, conforme Tabela 5. O estado do Rio Grande do Sul apresenta a maior média da capacidade de campo operacional de $10,05 \text{ ha h}^{-1}$, em relação aos outros estados da região, conforme Tabela 11. O Estado do Paraná encontra-se na média e o estado de Santa Catarina apresenta a menor média da capacidade de campo operacional da região ($5,33 \text{ ha h}^{-1}$) e a menor média do estudo.

Tabela 11 - Capacidade de campo operacional média dos pulverizadores na região Sul

Anos	Paraná (ha h^{-1})	Rio Grande do Sul (ha h^{-1})	Santa Catarina (ha h^{-1})
2008	6,42		
2009	5,46	4,67	4,42
2012	10,91	7,44	
2013	8,08	8,44	9,91
2014	10,51	10,50	3,86
2015	10,84	9,80	5,28
2016		15,21	4,00
2018	10,27	14,07	
Média	9,60	10,05	5,33

O estado do Rio Grande do Sul (RS) merece um destaque neste estudo devido ao significativo crescimento na capacidade de campo operacional, conforme gráfico 4.

Gráfico 4 - Evolução da capacidade de campo operacional média dos pulverizadores no Rio Grande do Sul



O RS apresenta tendência positiva na evolução na capacidade de campo operacional de 4,67 ha h⁻¹ para 14,07 ha h⁻¹, um crescimento de 3 vezes das áreas tratadas por unidade de tempo.

5 CONCLUSÕES

Por meio deste trabalho foi possível identificar a evolução da capacidade operacional dos pulverizadores de barras ao longo dos anos, obtendo-se padrões regionalizados na evolução da capacidade de campo operacional. Foi possível identificar dois perfis tecnológicos bem distintos: Centro-Oeste, Nordeste e Norte com pulverizadores de maior capacidade operacional e o Sudeste e Sul com os pulverizadores de menor capacidade.

A região Nordeste se destacou por ter a maior capacidade de campo operacional média, com 36,25 ha h⁻¹ e a região Sul a menor, com 9,09 ha h⁻¹. Foi possível identificar que os pulverizadores automotrizes apresentam em uma média nacional de capacidade operacional da ordem de 25,07 ha h⁻¹, tratando 4,2 vezes mais que os pulverizadores montados (com média 5,93 ha h⁻¹) e 2,5 vezes que os pulverizadores de arrasto (com média 10,14 ha h⁻¹). Foi possível identificar uma tendência de crescimento da capacidade operacional dos pulverizadores no período de 2008 a 2018, com destaque para os pulverizadores automotrizes.

REFERÊNCIAS

- AGROEFETIVA. [Figura da apresentação Tecnologia de Aplicação: **Perdas e deriva**. Programa: Expedição da Agricultura para Vida, empresa Corteva Agrisciense]. Botucatu, 2019.
- ANTUNIASI, U. R. Qualidade em tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. In: **V Congresso Brasileiro de Algodão**, 2005, Salvador. Anais. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2005.
- ANTUNIASI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas para a cultura da soja. **Boletim de pesquisa de Soja 2009**. Rondonópolis, v. 13, p. 299-317, 2009.
- ANTUNIASI, U. R.; CARVALHO, F. K.; CHECHETTO, R. G.; MOTA, A. A. B. **Entendendo a tecnologia de aplicação**. Botucatu: FEPAF, 09p, 2017.
- BAESSO, M. M., TEIXEIRA, M. M., RUAS, R. A. A., BAESSO, R. C. E. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**, v. 61, p. 780-785, 2014.
- BAIO, F. H. R.; ANTUNIASI, U. R.; BALASTREIRE, L. A.; FILHO, J. V. C. **Modelo de programação linear para seleção de pulverizadores agrícolas de barras**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.2, p. 355-363, 2004.
- BALAN, M. G.; ABI-SAAB, O. J. G.; DA SILVA, C. G.; DO RIO, A. Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 293-298, 2008.
- BOLLER, W. Tecnologia de aplicação de defensivos: passado, presente e futuro. In: BORGES, L. D. (Org.). **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, p. 23-35, 2006.
- CARVALHO, W. P. A. **Desempenho de um controlador de fluxo com DGPS para máquinas de pulverização**. Tese (Doutorado) Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP. Botucatu-SP, 2003.
- CHAGAS, K.; NETO, F.C.R.; RODRIGUES, J. O.; NASCIMENTO, A. F.; DAVITÓRIA, E. L. **Rendimento operacional de um pulverizador de barras em diferentes pressões de serviço e velocidade**. Enciclopédia Biosfera, Goiânia v. 08, p. 827-832, 2012.
- CHAIM, Aldemir. História da pulverização. **Embrapa Meio Ambiente**, Jaguariúna, 1999.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: grãos. **Monitoramento agrícola-Safra 219/20**, v. 7, n. 5, 2020.
- COSTA, Deise Isabel. **Eficiência e qualidade das aplicações de fungicidas, por vias terrestre e aérea, no controle de doenças foliares e no rendimento de grãos de soja e milho**. Tese (Doutorado) Programa de Pós-graduação em Agronomia da UPF. Passo Fundo-RS, 2009.

DA CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues. **Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização**. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 32, n. 5, p. 1616-1621, 2008.

DE RESENDE, A. V.; HURTADO, S.; VILELA, M. D. F.; CORAZZA, E., & SHIRATSUCHI, L. Aplicações da agricultura de precisão em sistemas de produção de grãos no Brasil. **Embrapa Agrossilvipastoril-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2014.

DORNELLES, M. E.; SCHLOSSER, J. F.; BOLLER, W.; RUSSINI, A.; CASALI, A. L. Inspeção técnica de tratores e pulverizadores utilizados em pulverização agrícola. **REVISTA ENGENHARIA NA AGRICULTURA-REVENGE**, v. 19, n. 1, p. 36-43, 2011.

FARINHA, J. V.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D.. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estádio R1. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1738-1744, 2009.

FEPAP. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais. **[Relatórios do Programa de Aplicação Responsável (PAR) de 2008 a 2018]**. Programa em parceria com a empresa Corteva Agriscience. Botucatu, 2018.

FREDERICO, Samuel. Agricultura científica globalizada e fronteira agrícola moderna no Brasil. Confins. **Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 17, 2013.

FREITAS, F.C.L.; TEIXEIRA, M.M.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; MACHADO, A.F.L.; VIANA, R.G. **Distribuição volumétrica de pontas de pulverização turbo Teejet 11002 em diferentes condições operacionais**. Planta Daninha, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 161-167, 2005.

GANDOLFO, M. A. **Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas**. Botucatu. 2002. 92 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2002.

GANDOLFO, M. A.; ANTUNIASI, U. R.. IPP - Inspeção Periódica de Pulverizadores. In: **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2 ed. Passo Fundo: Aldeia Norte/FEPAP, 2019.

GANZELMEIER, H. **Rules of approval, rules of inspection, quality management of inspection in Germany**. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, (412), 29-33, 2007.

GIMENEZ, Leandro M.; MILAN, Marcos. Diagnóstico da mecanização em uma região produtora de grãos. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 1, p. 210-219, 2007.

JASPER, Samir Paulo; SILVA, Paulo Roberto Arbex. Estudo comparativo do custo operacional horário da mecanização agrícola utilizando duas metodologias para o estado de São Paulo. **Nucleus**, v. 10, n. 2, 2013.

JOHN DEERE BR. [Figura pulverizador automotriz, modelo M4025]. s/d. Disponível em: <<https://www.deere.com.br/pt/tratos-culturais/pulverizador-m4025/>>. Acesso em: 04 mai. 2020.

KHUN. [Figura pulverizador rebocado – barra, modelo Ranger 2000 e 3000] s/d. Disponível em: <<http://www.coasul.com.br/extranet/uploads/Implemento/bpag01br-prospecto-rangerpdf>>. Acesso em: 04 mai. 2020.

LOBO JÚNIOR, Manoel Ibrain. **Pulverizador Turbo Atomizador**. Disponível em: <<http://www.pulverizador.com.br/aplicterrestre-03.htm>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

MACHADO, Thiago Martins. Inspeção periódica de pulverizadores de barras na região de Guarapuava–PR. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, p. 1225-1233, 2014.

MACHADO, Thiago Martins; QUEIROZ, Danilo Gonçalves Batista; FRANCISCO, Étore. DESEMPENHO OPERACIONAL DE PULVERIZADOR AUTOMOTRIZ DE BARRAS NO MUNICÍPIO DE SINOP-MT. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, p. 875-887, 2015.

MAGALHÃES, P.C., SILVA, J.B., DURÃES, F.O.M., KARAM, D.; RIBEIRO, L.S. Efeito de doses reduzidas de glyphosate e paraquat simulando deriva na cultura do milho. **Planta Daninha**, v.19, n.2, p. 247-253, 2001.

MARTINI, Alfran Tellechea et al. Agricultural Spray Inspection According to ISO 16122. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 4, 2019.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, p.139, 1990.

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

MILAN, M. Improving operacional management of harvest, transport and mechanization for sugar-cane in Brazil. Ph.D (Thesis) – Silsoe College, **Crainfield Institute of technology**. Silsoe, p. 226, 1992.

MOLIN, José Paulo; DO AMARAL, Lucas Rios; COLAÇO, André. **Agricultura de precisão**. Oficina de Textos, 2015.

MYMAPS. In: *GOOGLE my maps*, 2020. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/d/u/0/?hl=pt-BR>>. Acesso em: 04 mai. 2020.

OLIVEIRA, R. B. de. **Caracterização Funcional de Adjuvantes em Soluções Aquosas**. Tese (Doutorado em Agronomia) apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp - Campus de Botucatu. Botucatu, 2011.

OZKAN, H.E. **Reduzindo a deriva nas pulverizações**. Disponível em: <<http://www.comam.com.br>>. Acesso em: 11 jul. 2019.

RAMOS, H. H. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, p. 275-283, 2000.

SANTOS, J., E., G., G.; SANTOS FILHO, A., G.. **Apostila de Máquinas Agrícolas**. Universidade Estadual Paulista, Campus Universitário de Bauru, Faculdade de Engenharia, Bauru, SP, 2001, p. 81-82.

SANTOS RODRIGUES, T. B.; SOUZA, M. M. O. **Agrotóxicos e impactos para a saúde de trabalhadores rurais e agricultores camponeses no noroeste goiano** (2014/2015). In: Anais do Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG (CEPE), (ISSN 2447-8687).2015.

SILVA, Marcelo Alvarenga da. Controle de *Exserohilum turcicum* na cultura do milho em função da tecnologia de aplicação de fungicidas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

SIQUEIRA, J. L. **Inspeção periódica de pulverizadores: análise dos erros de calibração e impacto econômico**. Botucatu. 2009. 117 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2009.

SIQUEIRA, José Luiz de; ANTUNIASSI, Ulisses Rocha. Inspeção periódica de pulverizadores nas principais regiões de produção de soja no Brasil. **Energia na Agricultura**, p. 92-100, 2011.

STARA. [Figura pulverizador montado, modelo CORISCO 700/1200/1500]. s/d. Disponível em: <<https://stara.com.br/produto/corisco-70012001500/>>. Acesso em: 04 mai. 2020.

STEFANELO, M. S.; SARI, B. G.; LENZ, G.; ARRUÉ, A.; PES, M. P.; DA COSTA, I. F. Caracterização da pulverização de fungicida na cultura do trigo com pontas hidráulicas e atomizadores rotativos de discos. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 5, p. 1012-1018, 2014.

Urio, Mateus Roberto. **Avaliação das necessidades dos clientes sob o aspecto operacional de pulverizadores do tipo acoplado de barras**. BS thesis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.

VEIGA, M. C.; ANTUNIASSI, R. U. Determinação da eficiência operacional para a aplicação de herbicidas na cultura da soja. **Revista Energia na Agricultura**. Botucatu, v. 23, n. 2, p. 01-13, 2008.