

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Dissertação

**Aplicação aérea de Imazapyr + Imazapic no controle de
arroz-vermelho e análise da densidade de gotas**

Gustavo Peroba de Andrade

Pelotas, 2013

GUSTAVO PEROBA DE ANDRADE

**APLICAÇÃO AÉREA DE IMAZAPYR + IMAZAPIC NO CONTROLE DE ARROZ-
VERMELHO E ANÁLISE DA DENSIDADE DE GOTAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, da Universidade Federal de Pelotas como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Fitossanidade (área de conhecimento: Entomologia).

Orientador: Alci Enimar Loeck, Dr.
Coorientador: Luis Antonio de Avila, Ph. D.

Pelotas, 2013

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

A553a Andrade, Gustavo Peroba de

Aplicação aérea de Imazapyr + imazapic no controle de arroz-vermelho e análise da densidade de gotas / Gustavo Peroba de Andrade; orientador Alci Enimar Loeck; co-orientador Luis Antonio de Avila. - Pelotas, 2013. - 52f. : il. - Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

1. Aviação agrícola 2. *Oryza sativa* 3. Tecnologia de aplicação I. Loeck, Alci Enimar (orientador) II. Título.

CDD 632.954

Banca examinadora:

Dr. Alci Enimar Loeck (Orientador)

Dr. Eugênio Passos Schröder

Dr. Jader Ribeiro Pinto

Dra. Roberta Manica Berto

*“Ache um emprego que você ame
e nunca mais terá que trabalhar
um dia na sua vida”*

(Jim Fox)

Agradecimentos

A Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” da Universidade Federal de Pelotas, pela formação e oportunidade.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos.

Ao Professor Alci Enimar Loeck pela amizade, orientação, ensinamentos e apoio logístico para a realização dos Experimentos.

Ao Professor Luis Antonio de Avila pelo apoio e orientação durante a execução do trabalho.

Ao Dr. Eugênio Passos Schröder pela amizade, incentivo, ensinamentos e conselhos valiosos na condução do meu trabalho.

A Dra. Roberta Manica Berto e ao colega Guilherme Cassol, pelo apoio na análise estatística.

Aos professores do departamento de Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas, pelas aulas ministradas, apoio e incentivo.

Ao professor Wellington Pereira Alencar de Carvalho pelo apoio prestado para conclusão do trabalho.

Aos colegas: Leano Franklin da Silva, Murilo berbigier bortolotti, Luis Fernando Dias Martini e em especial a Alfran Tellechea Martini, Ricardo Dessbesell, Isac Heres Lopes e Renata Salvador Louzada pela valiosa contribuição na condução e conclusão do trabalho.

Às empresas: Fazenda Demanda, Schröder Consultoria, KL Aviação Agrícola e Basf, integrados ao Grupo de Estudos em Tecnologia de Aeroaplicação (GETA), confiando a mim, a viabilização deste trabalho.

Aos funcionários da empresa KL Aviação, que contribuíram de maneira direta para a realização dos trabalhos.

Ao proprietário Ermenegildo Moczulski e ao engenheiro agrônomo, Marcio Renato Moreira por permitir e contribuir de maneira direta a realização do trabalho de campo.

A minha namorada Cintia de Macedo Robe, pela paciência, apoio e companheirismo durante a realização dos trabalhos, dedico.

Enfim, a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho, a minha gratidão.

Resumo

ANDRADE, Gustavo Peroba de. **Aplicação aérea de imazapyr + imazapic no controle de arroz-vermelho e análise da densidade de gotas.** 2013. 52f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A eficiência do controle de plantas daninhas em arroz irrigado quando os herbicidas são aplicados através de avião pode variar conforme as condições de aplicação, como o tipo de equipamento de pulverização, o volume de calda herbicida e o uso de adjuvantes. O objetivo do trabalho foi avaliar o controle de arroz-vermelho em lavoura de arroz irrigado da cultivar Puitá INTA CL com a mistura formulada de imazapyr + imazapic, com a adição de adjuvantes e diferentes equipamentos de aplicação aérea, sendo realizada uma análise de custos de produção. Também, verificou-se a densidade de gotas pulverizadas e comparou-se três métodos de análise da densidade das mesmas. O experimento foi instalado no delineamento de parcelas totalmente casualizadas, com seis tratamentos, cinco repetições e cinco testemunhas intercaladas. Os tratamentos foram bico com ponta do tipo leque de impacto, calibrados com volume de aplicação de 20L ha^{-1} , atomizador rotativo de disco com volume de aplicação de 10L ha^{-1} combinados com o uso de adjuvantes: Dash[®], Assist[®] e associação de Assist[®] com espalhante adesivo siliconado Break Thru[®], mais testemunha sem aplicação de herbicidas. Os resultados permitem concluir que o herbicida composto pela mistura formulada de imazapyr + imazapic controla eficientemente o arroz-vermelho independentemente do tipo de adjuvante e equipamento de aplicação utilizado e incrementa a produtividade em $1,028\text{t ha}^{-1}$. A densidade de gotas observada é maior com a utilização de atomizadores rotativos com 10L ha^{-1} quando comparado a bicos hidráulicos com 20L ha^{-1} . Os métodos de determinação de densidade de gotas avaliados, lupa, *scanning* e imagem não diferem entre si.

Palavras-chave: Aviação agrícola. *Oryza sativa*. Tecnologia de aplicação.

Abstract

ANDRADE, Gustavo Peroba de. **Aerial application of imazapyr + imazapic to red rice control and analysis of droplet density**. 2013. 52f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The efficiency of weed control in irrigated rice when herbicides are applied via airplane can vary depending on application conditions, such as the type of spray equipment, the volume of herbicide solution and the use of adjuvants. The objective of the work was to evaluate the control of red rice in irrigated rice field of the cultivar Puita INTA CL with the formulated mixture of imazapyr + imazapic, with the addition of adjuvants and different aerial application equipments, being performed an analysis of production costs. It was also verified the pulverized droplet density and were compared three methods of analysis of the density of it. The experiment was conducted in the design of fully-random plots with six treatments, five replicates of five interspersed witnesses. The treatments were fan shape impact nozzle, calibrated with application volume of 20L ha^{-1} , rotary disk atomizer with application volume of 10L ha^{-1} combined with the use of adjuvants Dash[®], Assist[®] and an association of Assist[®] with silicon surfactant spreader Break Thru[®], more witness without application of herbicides. The results allow to conclude that the herbicide compound formulated mixture of imazapyr + imazapic effectively controls red rice regardless of the type of adjuvant and application equipment used and increases productivity by $1,028\text{t ha}^{-1}$. The droplet density observed is greater with the use of rotary atomizers with 10L ha^{-1} when compared with the hydraulic nozzles with 20L ha^{-1} . The evaluated methods for the determination of droplet density (magnifying glass, scanning and image) do not differ among themselves.

Keywords: Agricultural Aviation. *Oryza sativa*. Application technology.

Lista de Figuras

| | | |
|----------|--|----|
| Figura 1 | Demarcação das parcelas na área experimental..... | 22 |
| Figura 2 | Cobertura da parcela testemunha com lona..... | 23 |
| Figura 3 | Atomizador rotativo de discos (A). Bico defletor (B)..... | 24 |
| Figura 4 | Fixação do cartão hidrossensível sobre plataforma de madeira (A). Disposição dos cartões hidrossensíveis ao longo da parcela (B)..... | 37 |
| Figura 5 | Lupa utilizada para contagem de gotas (A). Delimitação de 1cm ² para contagem das gotas (B)..... | 38 |
| Figura 6 | Equipamentos utilizados pelo método imagem (A). Contagem visual das gotas na tela do computador (B)..... | 39 |

Lista de Tabelas

| | | |
|----------|--|----|
| Tabela 1 | Mistura formulada herbicida, adjuvantes e equipamentos de aplicação aérea, avaliados no controle de arroz-vermelho em lavoura de arroz irrigado. Camaquã, RS..... | 21 |
| Tabela 2 | Coeficientes dos contrastes ortogonais testados para adjuvantes e equipamentos em relação à variável controle. Camaquã-RS, 2011/12..... | 26 |
| Tabela 3 | Coeficientes dos contrastes ortogonais testados para adjuvantes e equipamentos em relação à variável produtividade de grãos. Camaquã-RS, 2011/12..... | 27 |
| Tabela 4 | Controle de (%) de arroz-vermelho em função da aplicação de imazapyr + imazapic com diferentes adjuvantes e equipamentos, aos 07, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) e significância dos contrastes ortogonais testados. Camaquã-RS, 2011/12..... | 32 |
| Tabela 5 | Produtividade média de arroz ($t\ ha^{-1}$), cultivar Puitá Inta CL, em função de diferentes adjuvantes e equipamentos e significância dos contrastes ortogonais testados. Camaquã-RS, 2011/12..... | 32 |
| Tabela 6 | Análise de custo de produção no controle do arroz-vermelho com a mistura formulada de imazapyr + imazapic via aplicação aérea..... | 33 |
| Tabela 7 | Coeficientes dos contrastes ortogonais testados para adjuvantes e equipamentos em relação à variável densidade de gotas. Camaquã-RS, 2011/12..... | 39 |

| | | |
|----------|---|----|
| Tabela 8 | Densidade de gotas (nº cm ⁻²) em função da aplicação de imazapyr + imazapic com diferentes adjuvantes e equipamentos e significância dos contrastes ortogonais testados. Camaquã-RS, 2011/12..... | 41 |
|----------|---|----|

Sumário

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 CAPÍTULO I - Controle de arroz-vermelho com a mistura formulada de imazapyr + imazapic com diferentes equipamentos e adjuvantes via aplicação aérea | 17 |
| 2.1 Introdução | 17 |
| 2.2 Material e Métodos | 20 |
| 2.3 Resultados e Discussão | 27 |
| 2.4 Conclusões | 33 |
| 3 CAPÍTULO II - Comparação entre os métodos lupa, <i>scanning</i> e imagem para análise da densidade de gotas | 34 |
| 3.1 Introdução | 34 |
| 3.2 Material e Métodos | 37 |
| 3.3 Resultados e Discussão | 40 |
| 3.4 Conclusões | 42 |
| 4 CONCLUSÕES | 43 |
| 5 REFERÊNCIAS | 44 |
| ANEXOS | 50 |

1 INTRODUÇÃO

A agricultura é uma das atividades mais antigas praticadas pelo homem, que visa sua sobrevivência, através da produção de fibras, energia, medicamentos e principalmente dos alimentos, fonte de energia para sua existência. Os alimentos à base vegetal, não são cultivados somente para abastecer as necessidades das pessoas que os produzem no meio rural, mas também para alimentar a crescente demanda da população mundial estabelecida nos grandes centros urbanos.

Nos últimos anos, a agricultura tem passado por diversas mudanças, necessitando se adaptar aos novos modelos de produção sustentável, que tem por regra a geração de energia através do cultivo dos alimentos, sem à degradação dos recursos naturais. Entre os alimentos mais consumidos pelo homem, estão os cereais, ricos em vitaminas, proteína, carboidratos e minerais, substâncias essenciais responsáveis pela manutenção da vida. No Brasil, para a safra 2012/2013 a estimativa é que a produção total de grãos alcance 181,55 milhões de toneladas, sendo responsável por cerca 8% da produção de cereais do mundo (IGC, 2012).

O arroz está entre os cereais mais consumidos do mundo, com produção mundial de cerca de 696 milhões de toneladas, em área cultivada de 159 milhões de hectares. A China é o maior produtor (197 milhões de toneladas), sendo o continente asiático responsável por praticamente 90% de sua produção. Atualmente no ranking mundial, o Brasil ocupa a 8ª posição, com produção de 11,2 milhões de toneladas em uma área de 2,7 milhões de hectares (FAO, 2012). De acordo com dados da Conab (2012), a estimativa para a safra 2012/2013 é de aproximadamente 11,719 milhões de toneladas, com aumento de 1% em relação ao ano anterior.

No Brasil são utilizados dois sistemas de cultivo de arroz; em sequeiro e com irrigação por inundação, sendo o segundo com maior destaque no país. O sistema

de cultivo com irrigação contribui em média com 65% da produção nacional, tendo como maior produtor o estado do Rio Grande do Sul, com produção de 8,9 milhões de toneladas, em área superior a 1 milhão de hectares e produtividade de $7,6 \text{ t.ha}^{-1}$. (CONAB, 2012). Nos últimos anos a lavoura arroseira, cultivada na região sul do Brasil tem experimentado um crescimento considerável, tanto em termos de área cultivada, como em novas tecnologias. De acordo com dados da CONAB (2012), a produção de arroz prevista na região sul para a safra 2012/2013 será de mais de 9 milhões de toneladas do grão, em uma área cultivada superior a 1,2 milhão de hectares.

Devido à importância desse cereal na alimentação humana e na economia mundial, faz-se necessário desenvolver novas tecnologias e procedimentos com o propósito de aperfeiçoar o sistema de produção em um processo mais eficiente e seguro, reduzindo os danos ao ecossistema (SILVA, 2012). Durante o período de cultivo do arroz, diversas tecnologias e procedimentos são utilizados com o propósito de se obter uma maior produtividade e rentabilidade durante este processo de produção. Dentro destes procedimentos, uma das técnicas utilizadas na produção de arroz é o uso dos agrotóxicos para o controle de pragas doenças e plantas daninhas.

Durante o processo de produção agrícola, o uso de agrotóxicos não é tradicionalmente aceito pela sociedade, por ser rotulado como uma prática prejudicial ao homem, em virtude da repercussão causada por diversas notícias de contaminação ambiental nos últimos anos. Com o crescimento populacional, houve necessidade de se aumentar a área de produção agrícola e como consequência ocorreu um aumento no uso de agrotóxicos (OLIVEIRA; JADOSKI, 2006). No entanto para atender o aumento do consumo de produtos agrícolas, causado pelo crescimento da população, os agrotóxicos foram os grandes aliados da agricultura, contribuindo de maneira direta, permitindo o cultivo em larga escala, proporcionando um aumento na produção (CUNHA, 2008).

Em grandes áreas de produção agrícola, caracterizadas pela monocultura como e o caso do cultivo de arroz, os agrotóxicos, são utilizados como eficientes ferramentas no controle químico das plantas daninhas, insetos praga e doenças que quando mal manejadas, podem causar grandes perdas e conseqüentemente redução da produtividade. Entre as causas que contribuem de maneira direta para a

diminuição da produtividade em lavouras de arroz irrigado, podemos destacar a interferência causada pela presença das plantas daninhas. As plantas daninhas podem afetar diretamente a produtividade pela competição por luz, espaço, água e nutrientes (AGOSTINETTO et al., 2009), e indiretamente, por garantirem a sobrevivência e multiplicação de organismos fitopatogênicos (VOLL et al., 2005). Entre as principais plantas daninhas que ocorrem em lavouras de arroz irrigado se destaca o arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.) planta caracterizada pelo seu difícil controle, pois pertence à mesma espécie do arroz cultivado.

Outro ponto chave, e não menos importante durante o processo de produção são os métodos de pulverização dos agrotóxicos, que devem ser aperfeiçoados em processos mais eficientes e seguros sobre um alvo biológico definido, minimizando os danos ao meio ambiente. De acordo com Gadanha Júnior (2000), em muitos casos, a pulverização mal realizada, pode gerar perdas significativas na produtividade das culturas, ocasionadas por reincidência da doença, praga ou mesmo pela falta de um controle eficiente das plantas daninhas na área. A tecnologia de aplicação de agrotóxicos tem como objetivo, fazer com que os tratamentos fitossanitários atinjam seus alvos, protegendo as plantas contra insetos praga, doenças e plantas daninhas de maneira econômica, com o menor desperdício dos agrotóxicos e sem contaminar o homem e o meio ambiente (BOLLER, 2009).

Segundo Carvalho (2012), a aplicação de produtos fitossanitários exige cuidados desde a escolha correta de um produto, observando a recomendação técnica, visando o controle utilizando a menor dose com máxima eficiência, tendo conhecimento do alvo e das condições de regulação da máquina aplicadora. Os agrotóxicos podem ser aplicados nas lavouras por meio de pulverizadores terrestres, aeronaves agrícolas, ou ainda por meio da água de irrigação. Essas três formas de aplicação podem representar risco ao ambiente quando mal manejadas (HEWITT, 2000).

A aviação agrícola é uma atividade que vem contribuindo muito nos últimos anos para a produção de alimentos no Brasil, com maior utilização nas regiões centro-oeste, sul e sudeste, com destaque nos estados do Mato Grosso e Rio Grande do Sul, sendo que a estimativa de área tratada é de cerca de 70 milhões de hectares na soma de todas as culturas, sendo que as que mais utilizam essa

tecnologia são: soja, arroz, cana de açúcar, algodão, banana, trigo, pastagens e milho respectivamente (SINDAG, 2012). Um levantamento realizado no início de 2013 mostra que a frota de aviões agrícolas no Brasil no ano de 2012 alcançou 1811 aviões (AGRONAUTAS, 2013).

A aplicação aérea oferece como vantagens, mão de obra especializada, o não amassamento da cultura tratada nem compactação do solo em comparação com a aplicação terrestre e um maior rendimento operacional, permitindo a escolha das melhores condições atmosféricas para a aplicação (MONTEIRO, 2006). As condições atmosféricas ideais durante as aplicações aéreas, devem ser de temperatura inferior a 30°C, umidade relativa superior a 55% e ventos com velocidade entre 3 e 10Km/h (SCHRÖDER, 2007).

Atualmente, para a aplicação de agrotóxicos em lavouras de arroz irrigado, o meio mais utilizado, é a aviação agrícola, devido à impossibilidade de operação dos pulverizadores terrestres em áreas irrigadas. Para a aplicação dos produtos fitossanitários por via aérea, são empregados alguns equipamentos específicos, como bicos com pontas do tipo leque de impacto e os atomizadores rotativos de discos.

De acordo com Schröder (2007) e Antuniassi e Baio (2008), os parâmetros fundamentais para o sucesso de uma aplicação são volumes de calda adequados, tipo de alvo a ser atingido, tamanho de gotas, número de gotas, cobertura de gotas e equipamento mais adequado para a aplicação. O uso de cartões de papel hidrossensível é recomendado por Carvalho (1995) para avaliar as pulverizações aeroagrícolas quanto ao tamanho e número de gotas por cm². Entretanto poucas informações de pesquisas se têm a respeito dos diversos parâmetros importantes para que tenhamos uma aplicação eficiente e segura. Para a determinação das características das gotas, pode-se utilizar algumas superfícies coletoras padronizadas, onde os impactos das gotas são amostrados e posteriormente analisados, com o auxílio de lupas ou programas computacionais apropriados como AgroScan[®], E-Sprinkle[®], entre outros (KIRK et al., 1994).

Este trabalho teve por objetivo avaliar o controle de arroz-vermelho em lavoura de arroz irrigado da cultivar Puitá INTA CL com a mistura formulada de imazapyr + imazapic, com a adição de adjuvantes e diferentes equipamentos de aplicação aérea, sendo realizado um análise de custos de produção. Também,

objetivou-se verificar a densidade de gotas pulverizadas e comparar três métodos de análise da densidade das mesmas.

2 CAPÍTULO I - Controle de arroz-vermelho com a mistura formulada de imazapyr + imazapic com diferentes equipamentos e adjuvantes via aplicação aérea

2.1 Introdução

Nos últimos anos a lavoura arrozeira, cultivada na Região Sul do Brasil tem experimentado um crescimento considerável, tanto em termos de área cultivada, como em novas tecnologias, sendo responsável por uma produção superior a sete mil toneladas de grãos, em uma área cultivada superior a um milhão de hectares (CONAB, 2012).

De acordo com Andres e Machado (2004) as principais espécies de plantas daninhas, e as de mais difícil controle, que infestam as lavouras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul são: angiquinho (*Aeschynomene* spp.); arroz-vermelho (*O. sativa*); capim-arroz (*Echinochloa* spp.); capim-do-banhado (*Panicum dichotomiflorum* Michaux); capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.); erva-de-bicho (*Polygonum hydropiperoides* Michaux); gramas (*Paspalum* spp.); gramas-boiadeiras (*Leersia hexandra* Sw.); (*Luziola peruviana* Juss.ex J.F. Gmel.); junquinho (*Cyperus* sp.); milhã (*Digitaria* sp.); papuã (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch).

Perdas de aproximadamente 20% na produção, nos últimos anos, foram registradas nas lavouras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul (RS), somente devido à presença de arroz-vermelho (IRGA, 2012). Nas perdas de ordem econômica, devido à presença do arroz-vermelho, estão incluídos os custos de produção, a competição por recursos do meio, a redução na produtividade de grãos, a depreciação do produto colhido, além da oferta de abrigo para pragas e patógenos (SOUSA et al., 2010).

Na atualidade as plantas daninhas que ocorrem nas lavouras de arroz irrigado são controladas quase que exclusivamente com uso de herbicidas, em função da praticidade, eficiência e menor custo de produção se comparado a outros métodos de controle (ERASMO; PINHEIRO; COSTA, 2004). No entanto, alguns cuidados são necessários quando se lança mão do método de controle químico, como a tecnologia de aplicação, condições edafoclimáticas e as características físico-químicas dos produtos, caso contrário, elevadas injúrias podem ocorrer à cultura.

A tecnologia Clearfield[®] de produção (BASF, 2004) vem sendo amplamente utilizado no RS desde o lançamento oficial da cultivar IRGA 422 CL, que é adotada em mais da metade da área de plantio de arroz irrigado no Estado. Esta tecnologia tem como principal objetivo o controle do arroz-vermelho, que é a principal planta daninha da cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, por estar disseminado em quase toda área orizícola, interferindo negativamente em práticas de manejo importantes para a alta produtividade como a adubação nitrogenada, ser da mesma espécie do arroz cultivado (*O. sativa*) e, conseqüentemente, por não haver até então, herbicida seletivo (MENEZES; MARIOT; OLIVEIRA, 2009).

Resultados de pesquisas realizadas no RS demonstram que o Sistema Clearfield[®] tem mostrado eficácia superior a 95% no controle de arroz-vermelho (FLECK et al., 2003). De acordo com Sousa et al. (2010) o incremento de produtividade da lavoura de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul nos últimos anos tem sido atribuído ao uso deste sistema, a qual pode ser considerada a mais importante técnica disponibilizada aos produtores para controle químico do arroz-vermelho.

O herbicida KIFIX[®] (imazapyr + imazapic, 52,5g i.a. ha⁻¹ + 17,5g i.a. ha⁻¹), do grupo químico das imidazolinonas, é um produto sistêmico, desenvolvido pela BASF e lançado no ano de 2010 para uso exclusivo na tecnologia Clearfield[®]. O mecanismo de ação destes herbicidas é a inibição da atividade da enzima acetolactato sintase (ALS) e aceto-hidroxisintase (AHAS) na rota de síntese dos aminoácidos de cadeia ramificada valina, leucina e isoleucina (CHRISTOFFOLETI, 1997). Possui amplo espectro de controle das principais plantas daninhas infestantes da cultura do arroz, entre elas arroz-vermelho (*O. sativa*); capim-arroz (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.); papuã ou capim marmelada (*B. plantaginea*), grama-boiadeira (*L. peruviana*), angiquinho (*Aeschynomene denticulata* Rudd.);

cruz-de-malta (*Ludwigia octovalvis* (Jacq.) Raven); sagitária (*Sagittaria montevidensis* cham. & schltl e *Sagittaria guyanensis* Kunth); junquinho (*Cyperus iria* L.); cuminho (*Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl). Esse herbicida apresenta flexibilidade quanto à época de aplicação, podendo ser utilizado em pré-emergência ou pós-emergência das plantas infestantes e do arroz (AGROFIT, 2013).

O uso dos adjuvantes misturados a calda de pulverização é uma prática muito utilizada em aplicações de agrotóxicos, e tem com objetivo modificar as características físico-químicas da calda, permitindo que o produto formulado tenha um melhor desempenho. Oliveira (2011) verificou, em experimento realizado com 18 diferentes grupos de adjuvantes, que a adição destes produtos à calda de aplicação alterou em 100% dos casos, as propriedades físicas e químicas das soluções aquosas em diferentes magnitudes, dependendo da concentração utilizada e também modificaram o espectro de gotas e o potencial risco de deriva.

Atualmente, para a aplicação de agrotóxicos em lavouras arroteiras, o meio mais utilizado, é a aviação agrícola, onde são empregados alguns equipamentos específicos, como bicos com pontas do tipo leque de impacto e os atomizadores rotativos de discos.

Bicos com pontas do tipo leque de impacto possuem um disco para a seleção do volume pulverizado na forma de um jato simples que, a seguir, colide com um dos três defletores posicionados em outro disco, os quais possuem ângulos de incidência que determinam o tamanho das gotas (SCHRÖDER, 2003).

Os atomizadores rotativos de discos possuem um dispositivo chamado de unidade restritora de vazão (VRU) que permite a seleção do volume de calda pulverizado, que passa por um conjunto de discos, que giram em alta rotação determinando o tamanho de gota. Os atomizadores rotativos permitem maior rendimento da aeronave durante a aplicação, menor heterogeneidade de gotas, maior uniformidade de distribuição do produto e, conseqüentemente, melhor penetração no dossel. Dependendo das condições ambientais os atomizadores rotativos permitem a aplicação de uma largura de faixa efetiva maior, quando comparado aos bicos de jato cônico.

Em casos especiais, como a pulverização aérea de herbicidas não seletivos, os cuidados com a escolha do equipamento, sistema a ser utilizado e condições atmosféricas devem ser redobrados para prevenir a deriva (SCHRÖDER; PINTO;

SILVA, 2000). De acordo com Schröder (2007), as condições atmosféricas ideais durante as aplicações aéreas, devem ser de temperatura inferior a 30°C, umidade relativa superior a 55% e ventos com velocidade entre 3 e 10 km/h.

A tendência mundial é o uso de volumes de aplicação cada vez menores (SCHRÖDER, 2004; GALON et al., 2007). A pesquisa vem enfatizando o desenvolvimento de novos equipamentos de pulverização que possibilitem a redução do volume de calda com menor custo ao produtor, maior concentração do produto a ser pulverizado e, conseqüentemente, maior eficiência no controle de plantas daninhas.

O objetivo do trabalho foi avaliar o controle de arroz-vermelho em lavoura de arroz irrigado da cultivar Puitá INTA CL com a mistura formulada de imazapyr + imazapic, com a adição de adjuvantes e diferentes equipamentos de aplicação aérea, sendo realizada uma análise de custos de produção.

2.2 Material e Métodos

O experimento foi instalado em campo, em sistema de cultivo mínimo, em lavoura comercial de arroz irrigado (30°54'57,9"S, 051°43'49,1" O e 19m de altitude), no município de Camaquã-RS, no ano agrícola de 2011/2012. O solo da área é classificado como Planossolo Hidromórfico Eutrófico pertencente à Unidade de Mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2006). A adubação foi realizada de acordo com a análise de solo, sendo utilizados 290kg ha⁻¹ da formulação 09-23-30 na semeadura, 160kg ha⁻¹ da formulação 30-00-20 trinta dias após o plantio e 90kg ha⁻¹ da formulação 46-00-00 na emissão do primórdio floral. Os demais manejos e tratos culturais foram realizados seguindo-se as recomendações técnicas da cultura (SOSBAI, 2010).

O delineamento experimental seguiu o esquema de parcelas totalmente casualizadas com seis tratamentos, cinco repetições e cinco testemunhas intercaladas. A escolha do delineamento foi em função de minimizar o risco de deriva de um tratamento sobre o outro, visto que a pulverização foi realizada com avião agrícola em área comercial, condição pela qual tornaria inviável a execução do experimento sobre outro esquema experimental.

Os tratamentos testados constaram de uma mistura formulada herbicida comum a todos os tratamentos, três adjuvantes e dois equipamentos de aplicação:

imazapyr + imazapic (52,5g i.a. ha⁻¹ + 17,5g i.a. ha⁻¹) + adjuvante Dash[®] (0,5% v/v) + atomizador (HDaAt); imazapyr + imazapic (52,5g i.a. ha⁻¹ + 17,5g i.a. ha⁻¹) + adjuvante Assist[®] (1% v/v) + atomizador (HAsAt); imazapyr + imazapic (52,5g i.a. ha⁻¹ + 17,5g i.a. ha⁻¹) + adjuvante Assist[®] (0,3L ha⁻¹) + adjuvante Break-Thru[®] (0,04L ha⁻¹) + atomizador (HAsBtAt); imazapyr + imazapic (52,5g i.a. ha⁻¹ + 17,5g i.a. ha⁻¹) + adjuvante Dash[®] (0,5% v/v) + bico (HDaBi); imazapyr + imazapic (52,5g i.a. ha⁻¹ + 17,5g i.a. ha⁻¹) + adjuvante Assist[®] (1% v/v) + bico (HAsBi); imazapyr + imazapic (52,5g i.a. ha⁻¹ + 17,5g i.a. ha⁻¹) + adjuvante Assist[®] (0,3L ha⁻¹) + adjuvante Break-Thru[®] (0,04L ha⁻¹) + bico (HAsBtBi); e, além da testemunha (sem aplicação) para cada tratamento (AGROFIT, 2013), conforme demonstrativo da tabela 1.

A escolha dos tratamentos baseou-se nos equipamentos e volumes de aplicação geralmente utilizados para pulverizar agrotóxicos nas lavouras de arroz do RS (SILVA, 2012). Foram realizadas duas pulverizações, a primeira em pré-emergência da cultura (ponto de agulha), com associação de glyphosate (Zapp QI 620[®]) na dose 1860 g i.a. ha⁻¹, a segunda em pós-emergência da cultura, 12 dias após a primeira pulverização, sem a adição de glyphosate.

Tabela 1 - Mistura formulada herbicida, adjuvantes e equipamentos de aplicação aérea, avaliados no controle de arroz-vermelho em lavoura de arroz irrigado. Camaquã-RS, 2011/12.

| Tratamento | Produtos e dosagens | Equipamento | Sigla |
|------------|---|-------------|---------|
| 1 | imazapyr + imazapic (52,5g i.a. ha ⁻¹ + 17,5g i.a. ha ⁻¹) + Dash [®] (0,5% v/v) | A10* | HDaAt |
| 2 | imazapyr + imazapic (52,5g i.a. ha ⁻¹ + 17,5g i.a. ha ⁻¹) + Assist [®] (1% v/v) | A10* | HAsAt |
| 3 | imazapyr + imazapic (52,5g i.a. ha ⁻¹ + 17,5g i.a. ha ⁻¹) + Assist [®] (0,3L ha ⁻¹) + Break-Thru [®] (0,04L ha ⁻¹) | A10* | HAsBtAt |
| 4 | imazapyr + imazapic (52,5g i.a. ha ⁻¹ + 17,5g i.a. ha ⁻¹) + Dash [®] (0,5% v/v) | B20** | HDaBi |
| 5 | imazapyr + imazapic (52,5g i.a. ha ⁻¹ + 17,5g i.a. ha ⁻¹) + Assist [®] (1% v/v) | B20** | HAsBi |
| 6 | imazapyr + imazapic (52,5g i.a. ha ⁻¹ + 17,5g i.a. ha ⁻¹) + Assist [®] (0,3L ha ⁻¹) + Break-Thru [®] (0,04L ha ⁻¹) | B20** | HAsBtBi |
| 7 | Testemunha (ausência de herbicida) | — | — |

* A10 = Atomizador com volume 10L ha⁻¹; ** B20 = Bico com volume 20L ha⁻¹

A área experimental foi demarcada em talhões, com faixa de 150m de largura e 500m de comprimento, correspondendo a 10 tiros de aplicação com 15 m

de largura cada (as faixas centrais representavam as cinco repetições e as demais serviram como bordadura), totalizando uma área de 75.000m² por tratamento (Fig.1).

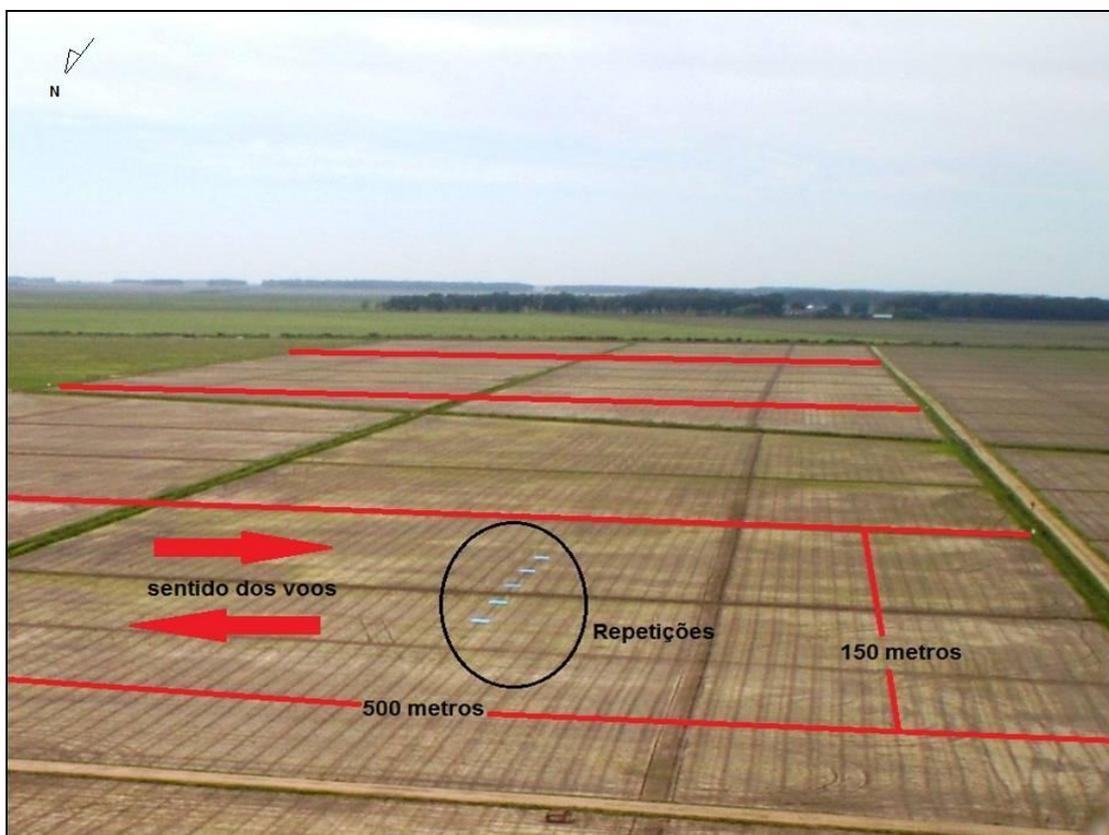


Figura 1 - Demarcação das parcelas na área experimental.

Fonte: o autor.

O tamanho do talhão foi calculado a partir de um número de faixas que proporcionam maior segurança, reduzindo problemas relacionados com a deriva. Em cada uma das cinco faixas centrais de cada talhão, foi demarcada uma área para avaliações e uma área testemunha, que recebeu cobertura de uma lona plástica de 4m² no momento da aplicação (Fig. 2). A demarcação da área foi realizada com auxílio de trena e estacas, e georreferenciados com uso de GPS portátil (Garmin[®], modelo Etrex).



Figura 2 - Cobertura da parcela testemunha com lona.

Fonte: o autor.

A cultivar Puitá INTA CL foi semeada na densidade de 110Kg ha^{-1} , proporcionando o estabelecimento de população aproximada de 212 plantas m^2 , com espaçamento entre linhas de $0,17\text{m}$. A área foi utilizada em safras anteriores com cultivo de arroz convencional, o que proporcionou o desenvolvimento de biótipos de arroz-vermelho, com população de 25 plantas m^2 a qual é a planta daninha alvo do estudo.

O avião agrícola utilizado foi um Cessna Ag-Truck modelo A188B, equipado com DGPS Satloc-M3[®], e fluxômetro Interflow[®], que possibilita a compensação da calda aplicada em diferentes velocidades de operação, para assim maximizar a uniformidade de aplicação em diferentes situações de trabalho.

A aeronave e o tanque de pré-mistura, foram previamente descontaminados e durante a mudança entre os tratamentos, foram recolhidos os lastros do hopper, das barras e da bomba do avião e enviados para o reservatório do pátio de

descontaminação da empresa, onde foram desativados pelo processo de ozonização.

O tanque de pré-mistura utilizado no preparo das caldas era composto de moto bomba STHIL, duas polegadas e tanque com capacidade de 200L. A preparação das caldas de aplicação obedeceu à seguinte ordem: colocou-se 70L de água no tanque de pré-mistura, acrescentaram-se a mistura formulada herbicida, adjuvantes e completou-se a capacidade do tanque de pré-mistura com água, com agitação vigorosa e enviada para o “hopper” do avião.

Como equipamento de aplicação foi utilizado o atomizador rotativo de disco Turboaero[®] modelo TA-88C-6 (Fig. 3A), e bico defletor com ponta do tipo leque de impacto Stol[®] (Fig. 3B).



Figura 3 - Atomizador rotativo de discos (A). Bico defletor (B).
Fonte: o autor.

Para as aplicações com bico defletor foram preparadas cargas para nove hectares e para as aplicações com atomizador as cargas foram de 10 hectares devido ao lastro de aproximadamente 20L, o qual permanece no sistema agrícola da aeronave após cada pulverização. As caldas foram preparadas numa sequência crescente de dosagens. Após o carregamento e durante o voo, a calda continuou em constante agitação, promovido pelo sistema de pulverização da aeronave.

Os atomizadores rotativos de disco estavam dispostos no arranjo de 5 para cada barra, somando um total de 10 na aeronave. A pressão utilizada durante a operação foi de 167kPa, com vazão determinada por disco dosador (D-8) com diâmetro de 3,17mm, calibrados para pulverizar 10L ha⁻¹ e com regulagem dos

ângulos das pás na posição α -4 para produção de gotas de 400 micrometros (μm) (MONTEIRO, 2004). Os bicos defletores estavam arranjados em numero de 15 por barra, em um total de 30 instalados no avião. A pressão de trabalho utilizada foi de 200kPa com regulagem de vazão determinada pelo disco de orifícios na posição 2 correspondente a (D-6) com 2,38mm de diâmetro, calibrados para volume pulverização de 20L ha^{-1} e com disco defletor regulado com ângulo de 55° para produção de gotas de 350 μm . A altura de vôo utilizada foi de quatro metros para atomizadores rotativos de discos, e de três metros para bicos defletores sempre com largura de faixa de 15m.

As condições ambientais foram monitoradas durante as duas aplicações, com a utilização de um termohigroanemômetro (Kestrel® 4500). O equipamento foi instalado na área experimental, onde os dados meteorológicos foram coletados e armazenando minuto a minuto através do seu datalogger, posteriormente as informações foram transferidas para um computador portátil e trabalhadas em planilha Excel.

As condições meteorológicas registradas durante a primeira e segunda pulverização mantiveram-se estáveis, com poucas variações. A temperatura na primeira pulverização variou entre 18 e 22°C, com umidade relativa do ar entre 95 e 70% e vento de 5 a 10Km h^{-1} . Já durante a segunda pulverização a temperatura variou entre 19 e 21°C, e a umidade relativa entre 90 e 70% e velocidade do vento de 5 a 10Km h^{-1} (Anexos A e B).

As avaliações de controle de arroz-vermelho foram realizadas visualmente aos 07, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), dentro das áreas demarcadas. Os valores de controle foram estimados visualmente, utilizando-se escala percentual onde zero (0) correspondeu ausência de controle, enquanto que cem (100) representou a morte das plantas daninhas. A produtividade foi avaliada colhendo-se manualmente 2m² de plantas dentro das áreas previamente determinadas. Após a colheita, foi realizada a trilha, limpeza, pesagem dos grãos com casca e posteriormente os dados foram corrigidos para 13% de umidade e convertidos em t ha^{-1} .

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro Wilk, à homocedasticidade pelo teste de Hartley e a independência dos resíduos foi verificada graficamente. Posteriormente, os dados foram submetidos à

análise de variância através do teste F ($p \leq 0,05$). Constatando-se significância estatística, os tratamentos foram agrupados de acordo com os tipos de adjuvantes e equipamentos e comparados por meio de contrastes ortogonais, a 5% de probabilidade (tab. 2 e 3).

Posteriormente, foi realizada uma análise de custos para avaliar a relação custo-benefício da utilização da mistura formulada de imazapyr + imazapic em combinação com adjuvante recomendado pelo fabricante do herbicida e pulverizado com avião agrícola, para controle de arroz-vermelho. Desta forma foi elaborada uma planilha em plataforma Microsoft Excel, que apresenta os custos para o tratamento de um hectare de arroz irrigado, contemplando os parâmetros de gerenciamento dos gastos envolvidos em cada componente da estrutura de custos (serviços e insumos). Os preços médios dos insumos e serviços foram coletados na região, e o preço médio da saca do arroz em casca (50 kg), foi obtido no histórico do IRGA (2013).

Tabela 2 - Coeficientes dos contrastes ortogonais testados para adjuvantes e equipamentos de aplicação aérea em relação à variável controle. Camaquã-RS, 2011/12.

| Tratamento ¹ | Contraste | | | | | |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | C ₅ | C ₆ |
| Atomizador: | | | | | | |
| 1.HDaAt | + | + | + | + | | + |
| 2.HAsAt | + | + | | | + | - |
| 3.HAsBtAt | + | + | | - | - | |
| Bico: | | | | | | |
| 4.HDaBi | + | - | - | + | | + |
| 5.HAsBi | + | - | | | + | - |
| 6.HAsBtBi | + | - | | - | - | |
| Testemunha: | | | | | | |
| 7. Sem aplicação de herbicida | - | | | | | |

¹ HDaAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Dash[®] + atomizador; HAsAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + atomizador; HAsBtAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + adjuvante Break-Thru[®] + atomizador; HDaBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Dash[®] + bico; HAsBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + bico; HAsBtBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + adjuvante Break-Thru[®] + bico.

Tabela 3 - Coeficientes dos contrastes ortogonais testados para adjuvantes e equipamentos de aplicação aérea em relação à variável produtividade de grãos. Camaquã-RS, 2011/12.

| Tratamento ¹ | Contraste | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | C ₅ | C ₆ | C ₇ | C ₈ | C ₉ | C ₁₀ | C ₁₁ |
| Atomizador: | | | | | | | | | | | |
| 1.HDaAt | + | | | | | | + | + | + | | + |
| 2.HAsAt | | + | | | | | + | | | + | - |
| 3.HAsBtAt | | | + | | | | + | | - | - | |
| Bico: | | | | | | | | | | | |
| 4.HDaBi | | | | + | | | - | - | + | | + |
| 5.HAsBi | | | | | + | | - | | | + | - |
| 6.HAsBtBi | | | | | | + | - | | - | - | |
| Testemunha: | | | | | | | | | | | |
| 7. Testemunha para tratamento 1 | - | | | | | | | | | | |
| 8. Testemunha para tratamento 2 | | - | | | | | | | | | |
| 9. Testemunha para tratamento 3 | | | - | | | | | | | | |
| 10. Testemunha para tratamento 4 | | | | - | | | | | | | |
| 11. Testemunha para tratamento 5 | | | | | - | | | | | | |
| 12. Testemunha para tratamento 6 | | | | | | - | | | | | |

¹ HDaAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Dash[®] + atomizador; HAsAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + atomizador; HAsBtAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + adjuvante Break-Thru[®] + atomizador; HDaBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Dash[®] + bico; HAsBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + bico; HAsBtBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + adjuvante Break-Thru[®] + bico.

2.3 Resultados e Discussão

Para o controle de arroz-vermelho a análise mostrou diferenças significativas nas quatro épocas de avaliação (07, 14, 21 e 28 DAT) para o seguinte contraste comparado: HDaAt; HAsAt; HAsBtAt; HDaBi; HAsBi; HAsBtBi x Testemunha sem aplicação de herbicida (tab. 4). Todos os tratamentos herbicidas foram superiores as testemunhas, nos quatro períodos de avaliação, atingindo em média controle final de 98%.

Também observado por Marchesan et al. (2011), em experimento onde obtiveram controle de 99%, aplicando a mistura formulada, imazethapyr + imazapic, na dose 50g i.a. ha⁻¹ em pré-emergência, e repetindo em pós-emergência dos genótipos de arroz tolerante IRGA 422 CL. Segundo os autores Steele, Chandler e McCauley (2002) e Ottis, Chandler e McCauley (2003), a aplicação em pré e pós-emergência de imazethapyr apresenta melhor resultado para controle do arroz-vermelho, com níveis próximos a 100%.

O contraste que comparou equipamentos de aplicação aérea apresentou diferença significativa para o controle de arroz-vermelho (HDaAt; HAsAt; HAsBtAt; HDaBi; HAsBi; HAsBtBi) aos 21 e 28 DAT (tab. 4). Para esse contraste foram

observados maiores resultados de controle de arroz- vermelho nos tratamentos que utilizaram bicos defletores.

O fato pode ser atribuído, em parte, ao volume de aplicação de 20L ha⁻¹ produzido pelos bicos defletores, o dobro daquele usado com atomizadores rotativos, os quais geram gotas menores e mais sujeitas a perdas por evaporação e deriva para fora da área alvo, podendo reduzir a eficiência do controle do arroz-vermelho. O que foi confirmado por Cunha e Carvalho (2005) que observaram uma maior deposição de gotas em papéis sensíveis utilizando volume de aplicação de 20L ha⁻¹, quando comparado a menores volumes de aplicação.

Diferem em parte dos resultados observados por Schröder, Martini e Andrade (2011), os quais verificaram em experimento com glyphosate, pulverizados com dois equipamentos de aplicação aérea (atomizador rotativo de disco nos volumes de 10 e 15L ha⁻¹ e bico defletor nos volumes de 20 e 30L ha⁻¹), que o controle geral da população de plantas daninhas aos 4 DAT mostrou-se ligeiramente superior nos tratamentos com atomizador rotativo a 10L ha⁻¹, mostrando uma maior eficiência para o menor volume.

Resultados que também diferem dos encontrados por Oliveira, Ferreira e Román (2010), que avaliando o controle de *Pseudoplusia includens*, com o inseticida Endosulfan Nortox 350 EC em condições de laboratório, não encontraram diferenças entre os volumes aplicados a partir de pulverizações com bico rotativo (17 e 50L ha⁻¹) e bico hidráulico (50 e 100L ha⁻¹). Entretanto, esse resultado se explica pelo fato do produto aplicado em laboratório atingir diretamente o alvo, não sofrendo interferência de condições ambientais, barreiras físicas encontradas em condições de campo.

Contudo, a diferença de controle quando comparados os tratamentos que utilizaram atomizadores rotativos e aqueles com bicos defletores, ficou entre 1 e 2 %, com média final de controle superior a 97%, dentro do recomendado para controle de plantas daninhas (tab. 4).

Foi verificada diferença significativa aos 21 e 28 DAT para o contraste: HDaAt x HDaBi (tab. 4), que compara o adjuvante Dash[®], aplicado com os dois equipamentos, que mostrou maior controle para os tratamentos aplicados com bicos defletores.

Para os contrastes que comparam adjuvantes no controle de arroz-vermelho, se verificou diferença significativa respectivamente entre: HDaAt; HDaBi x

HAsBtAt; HAsBtBi; HAsAt; HAsBi x HAsBtAt; HAsBtBi e HDaAt; HDaBi x HAsAt; HAsBi (tab. 4). Para o primeiro contraste analisado, ocorreu diferença aos 7 e 21 DAT. No segundo contraste comparado, a diferença foi observada aos 7 DAT. E para o terceiro contraste somente se observou diferença aos 21 DAT. De maneira geral, pode-se afirmar que os adjuvantes promoveram resultados similares.

A variável produtividade de grãos de arroz apresentou diferença significativa para os seguintes contrastes comparados: HAsAt; HAsBtAt; HDaBi; HAsBi; HAsBtBi x respectivas testemunhas (tab. 5), onde os resultados obtidos demonstraram produtividade média final de 8,83t ha⁻¹ com 1,028t ha⁻¹ a mais do produzido, em média, por suas respectivas testemunhas, valor correspondendo a 13,21%.

Resultados semelhantes foram observados por Santos et al. (2007) que encontram produtividade de 7,87t ha⁻¹ em experimento com controle de arroz-vermelho, utilizando a mistura formulada de imazethapyr + imazapic na dose de 70g i.a. ha⁻¹, aplicado em pré e repetido em pós-emergência, com o genótipos de arroz tolerante IRGA 422 CL.

Entre todos os contrastes analisados, os tratamentos que apresentaram maior eficiência, quando comparados com suas testemunhas, foram: HAsAt e HAsBi com diferenças de produtividades de 1,170t ha⁻¹ e 1,160t ha⁻¹ respectivamente, constatando-se que os melhores resultados foram encontrados nos tratamentos em que o adjuvante Assist[®] foi utilizado.

Houve diferença relacionada à produtividade entre os diferentes equipamentos de aplicação aérea utilizados, conforme se observou no seguinte contraste: HDaAt; HAsAt; HAsBtAt; x HDaBi; HAsBi; HAsBtBi (tab. 5). Os valores encontrados mostraram que os tratamentos que utilizaram bicos defletores apresentaram produtividade média 0,7t ha⁻¹, representando ser 8,4% superior aos tratamentos aplicados com atomizador rotativo.

O que também pode ser atribuído em parte a diferença dos volumes de aplicação produzidos pelos bicos defletores (20L ha⁻¹) em comparação aos atomizadores rotativos de disco (10L ha⁻¹) que podem apresentar perdas de eficiência, visto que menores volumes sofrem maiores influências das condições ambientais. Com isto, proporcionar um menor controle do arroz-vermelho e conseqüentemente uma menor produtividade. Hipótese confirmada por Wolf (2004), quando comparou a cobertura do alvo, proporcionada pela aplicação aérea com

volumes de pulverização de 9 e 29L ha⁻¹, também encontrou maior cobertura do alvo com o maior volume de aplicação.

Da mesma forma Bayer et al. (2011), que observaram em aplicação aérea de fungicida em arroz irrigado, uma maior deposição de gotas no terço superior com volume de calda de 30L ha⁻¹, quando comparo com menores volumes. Entretanto, resultados dos mesmos autores, não observaram diferença de produtividade entre os tratamentos fungicidas, aplicados com diferentes equipamentos e volumes de calda.

Outro fator a ser observado é a altura de voo da aeronave agrícola, que por questões de eficiência dos atomizadores rotativos, opera a uma altura superior à utilizada para os bicos defletores, podendo desta forma, aumentar as perdas por evaporação e deriva. Salvador (2011) observou um aumento da deriva na medida em que se reduz o volume de calda e se aumenta a altura de vôo e uma tendência de aumento de depósitos de calda com a redução da altura de voo, independente do volume aplicado.

Foi observada diferença para o contraste: HDaAt x HDaBi (tab. 5) que compara o adjuvante Dash[®], aplicado com os dois equipamentos testados, onde se constatou maiores produtividades para os tratamentos aplicado com bicos defletores. Ainda na variável produtividade, para os contrastes que comparam adjuvantes, se verificou diferença significativa entre: HDaAt; HDaBi x HAsBtAt; HAsBtBi e HDaAt; HDaBi x HAsAt; HAsBi (tab. 5). Para o primeiro contraste analisado, os tratamentos que utilizaram Assist[®] + Break Thru[®] obtiveram maior média de produtividade (8,87t ha⁻¹). Na segunda análise foi verificada média superior de produtividade para os tratamentos em que o adjuvante Assist[®] foi utilizado (8,93t ha⁻¹).

Entre todos os contrastes que comparam os adjuvantes testados no experimento, os tratamentos que apresentaram maiores produtividades, foram os que utilizaram o adjuvante Assist[®], diferente da recomendação técnica do fabricante, da mistura formulada imazapyr + imazapic, que recomenda a utilização do adjuvante Dash[®], na mistura (BASF, 2012).

Através dos contrastes analisados no trabalho, verificou-se a eficiência de todos os tratamentos. O experimento foi conduzido em condições reais de campo

apresentando, em média, resultados de controle e produtividade superiores aos obtidos em lavouras comerciais.

A análise de custos de produção no controle químico do arroz-vermelho, utilizando a mistura formulada de imazapyr + imazapic em combinação com o adjuvante recomendado pelo fabricante do herbicida e pulverizado com avião agrícola, mostrou um incremento na produtividade de grãos de arroz no valor de R\$714,46. Por outro lado, o custo da primeira pulverização foi de R\$122,48 e o da segunda de R\$78,98, totalizando um gasto com herbicidas e aplicações aéreas de R\$201,45. Desta forma, para o nível de infestação que a lavoura apresentou a receita líquida teve um incremento de R\$513,01 por hectare, que corresponde a 738 Kg ha⁻¹ (tab. 6).

Tabela 4 - Controle (%) de arroz-vermelho em função da aplicação da mistura formulada de imazapyr + imazapic com diferentes adjuvantes e equipamentos de aplicação aérea, aos 07, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) e significância dos contrastes ortogonais testados. Camaquã-RS, 2011/12.

| Avaliações (DAT) | Contraste ortogonal | | | | | |
|------------------|---|--|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | C ₁ (1 a 6) vs. 7 ^{1/} | C ₂ (1+2+3) vs. (4+5+6) | C ₃ (1 vs. 4) | C ₄ (1+4) vs.(3+6) | C ₅ (2+5) vs. (3+6) | C ₆ (1+4) vs. (2+5) |
| 07 DAT | 81,67 * 00,00 | 84,50 ^{ns} 79,09 | 85,00 ^{ns} 86,25 | 85,71* 72,86 | 86,43* 72,86 | 85,71 ^{ns} 86,43 |
| 14 DAT | 93,90 * 00,00 | 94,50 ^{ns} 93,30 | 95,00 ^{ns} 91,80 | 93,40 ^{ns} 95,60 | 92,70 ^{ns} 95,60 | 93,40 ^{ns} 92,70 |
| 21 DAT | 97,43 * 00,00 | 96,73 * 98,13 | 95,00 * 97,80 | 96,40 * 98,10 | 97,80 ^{ns} 98,10 | 96,40 * 97,80 |
| 28 DAT | 98,00 * 00,00 | 97,42 * 98,54 | 96,60 * 99,00 | 97,80 ^{ns} 98,50 | 97,71 ^{ns} 98,50 | 97,80 ^{ns} 97,71 |

* .^{ns} Contrastes significativos e não-significativos, respectivamente, a 5% de probabilidade. ^{1/}1.HDaAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Dash[®] + atomizador; 2.HAsAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + atomizador; 3.HAsBtAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + adjuvante Break-Thru[®] + atomizador; 4.HDaBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Dash[®] + bico; 5.HAsBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + bico; 6.HAsBtBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + adjuvante Break-Thru[®] + bico, 7.testemunhas.

Tabela 5 - Produtividade média de arroz (t ha⁻¹), cultivar Puitá Inta CL, em função da aplicação da mistura formulada de imazapyr + imazapic com diferentes adjuvantes e equipamentos de aplicação aérea e significância dos contrastes ortogonais testados. Camaquã-RS, 2011/12.

| Variável avaliada | Contraste ortogonal | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | C ₁ (1 vs.7) ^{1/} | C ₂ (2vs. 8) | C ₃ (3 vs.9) | C ₄ (4 vs. 10) | C ₅ (5 vs. 11) | C ₆ (6 vs.12) | C ₇ (1+2+3) vs. (4+5+6) | C ₈ (1 vs. 4) | C ₉ (1+4) vs. (3+6) | C ₁₀ (2+5) vs.(3+6) | C ₁₁ (1+4) vs. (2+5) |
| Produtividade (t ha ⁻¹) | 7,61 ^{ns} 7,11 | 8,47 * 7,30 | 8,74 * 7,83 | 8,56 * 7,63 | 9,39 * 8,23 | 8,99 * 8,02 | 8,28 * 8,98 | 7,61 * 8,56 | 8,15* 8,87 | 8,93 ^{ns} 8,87 | 8,15* 8,93 |

* .^{ns} Contrastes significativos e não-significativos, respectivamente, a 5% de probabilidade. ^{1/} 1.HDaAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Dash[®] + atomizador; 2.HAsAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + atomizador; 3.HAsBtAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + adjuvante Break-Thru[®] + atomizador; 4.HDaBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Dash[®] + bico; 5.HAsBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + bico; 6.HAsBtBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + adjuvante Break-Thru[®] + bico, 7.testemunha do tratamento 1, 8.testemunha do tratamento 2, 9.testemunha do tratamento 3, 10.testemunha do tratamento 4, 11.testemunha do tratamento 5 e 12. testemunha do tratamento 6.

Tabela 6 - Análise de custos de produção no controle do arroz-vermelho com a mistura formulada de imazapyr + imazapic via aplicação aérea.

| RECEITAS | | | R\$/ha |
|--|--------|----------------------|----------------------|
| *Preço saco arroz 50 kg | | | 34,75 |
| Preço tonelada | | | 695,00 |
| Diferença produtividade (t) | | | 1,028 |
| Total aumento receita | | | 714,46 |
| DESPESAS | | | R\$.L ⁻¹ |
| 1ª aplicação | | | L. ha ⁻¹ |
| imazapyr + imazapic | 533,00 | 0,100 | 53,30 |
| Dash [®] | 9,00 | 0,075 | 0,68 |
| Glyphosate | 14,50 | 3,000 | 43,50 |
| Avião | | | 25,00 |
| Sub-total 1ª | | | 122,48 |
| 2ª aplicação | | | R\$.ha ⁻¹ |
| imazapyr + imazapic | 533,00 | 0,100 | 53,30 |
| Dash [®] | 9,00 | 0,075 | 0,68 |
| Avião | | | 25,00 |
| Sub-total 2ª | | | 78,98 |
| Total Despesas | | | 201,45 |
| Incremento de receita líquida (Rec. – Desp.) | | R\$.ha ⁻¹ | 513,01 |
| Incremento de receita líquida | | Kg.ha ⁻¹ | 718,14 |

Fonte: Preço médio do arroz em casca em janeiro de 2013, IRGA 2013.

2.4 Conclusões

A mistura formulada de imazapyr + imazapic é eficiente e economicamente viável no controle de arroz-vermelho via aplicação aérea na cultura do arroz irrigado, independentemente dos equipamentos e dos adjuvantes utilizados quando comparados com a testemunha e incrementa a produtividade em 1,028t ha⁻¹.

3 CAPÍTULO II - Comparação entre os métodos lupa, *scanning* e imagem para análise da densidade de gotas

3.1 Introdução

O espectro de gotas de uma ponta de pulverização pode ser analisado por equipamentos sofisticados (com leitura através de raio laser, por exemplo), onde são fornecidos todos os dados sobre as gotas produzidas. Entretanto, tais equipamentos são caros, e estão disponíveis apenas em centros de pesquisa. Para a determinação das características das gotas, sem o auxílio destes equipamentos, pode-se utilizar algumas superfícies coletoras padronizadas, como cartões hidrossensíveis onde os impactos das gotas são amostrados e posteriormente analisados, com o auxílio de lupas ou programas computacionais apropriados como AgroScan[®], E-Sprinkle[®], entre outros (KIRK et al., 1994).

Cartões hidrossensíveis, têm sido empregados por diversos pesquisadores, com o objetivo de avaliar a densidade de gotas pulverizações (BOUSE, 1994). A densidade de gotas corresponde ao número de impactos por centímetro quadrado, e constitui-se numa importante ferramenta para avaliar a qualidade de uma pulverização agrícola, visto que, este número pode determinar a eficiência dos produtos fitossanitários (SCHRÖDER, 2003).

Os papéis hidrossensíveis apresentam um custo relativamente elevado e requerem cuidados especiais no manuseio, pois a umidade natural no campo e a própria umidade da mão do operador podem marcar o papel, prejudicando a observação dos resultados (ANTUNIASSI, 2005). A maior limitação do uso de cartões sensíveis a água é a umidade relativa do ar acima de 80%, que afeta a sensibilidade do papel (HILL et al., 1989).

O método tradicional para análise consiste em contar as gotas presentes na área de um centímetro quadrado utilizando-se lupa binocular com pelo menos 16 aumentos (SCHRODER, 1996). Tal método tem sido bastante utilizado por pesquisadores, entretanto apresenta as desvantagens de requerer uma lupa, que é um instrumento caro, frágil e de uso restrito em laboratório. Também exige acuidade visual do avaliador, o que pode conferir excesso de subjetividade nas análises, destacando-se, ainda, a fadiga do analista, que pode conduzir a erros durante o processamento dos trabalhos.

O método acima citado foi utilizado por Schroder (1996), em estudo realizado para determinar a faixa de deposição e deriva na aplicação aérea de herbicidas na cultura do arroz irrigado, onde analisou a densidade de gotas em 4000 cartões hidrossensíveis com auxílio de uma lupa binocular.

Atualmente, o procedimento mais utilizado consiste na digitalização das imagens das gotas contidas no papel hidrossensível e posterior análise por programas computadorizados apropriados (CHAIM et al., 1999). Na atualidade é a técnica mais utilizada na pesquisa, por permitir uma análise mais completa do espectro de gotas, através da informação das variáveis, densidade de gotas, diâmetro mediano volumétrico (DMV), diâmetro mediano numérico (DMN), recuperação de volume pulverizado, uniformidade de tamanho de gotas e porcentagem de cobertura (CHAIM et al., 2002). Segundo Schröder (2003), o sistema é bastante prático, porém necessita de um “scanner” para capturar as imagens e do software que tem um custo elevado aquisição.

Em trabalho realizado por Costa (2009) que avaliou a densidade e o diâmetro mediano volumétrico de gotas da calda fungicida depositadas nos cartões sensíveis à água e óleo, por via aérea e terrestre, foram determinados com o auxílio do software E-Sprinkle[®]. Este método também foi utilizado por Bayer (2011), para determinar a deposição de gotas de fungicidas, aplicados com diferentes taxas e equipamentos de aplicação aérea em lavoura de arroz irrigado, utilizou a captura de imagem dos cartões hidrossensíveis com “scanner”, em área de no mínimo um cm², com análise da imagem digitalizada através do software AgroScan[®].

Em estudos realizados pela AGROTEC (2013b), foi efetuada a comparação entre diferentes métodos para análise da densidade de gotas (Stain Master versión

1.0.8, CIR 1.5, AgroScan[®] e E-Sprinkle[®].), onde foi observado diferença significativa entre a sensibilidade dos softwares para leitura das gotas.

De acordo com Schröder (1996), cada método apresenta vantagens e desvantagens, e a escolha de um deles deve ser realizada em função do objetivo, custo de utilização, disponibilidade e facilidade de uso.

Com o objetivo de evitar as desvantagens dos dois métodos anteriores, e tornar mais fácil a determinação da densidade de gotas ideal para tratamentos fitossanitários, tornando possível a tomada de decisão de agricultores e técnicos, foi elaborado um projeto inovador, que consiste de um sistema alternativo, avaliado neste estudo, visando atender aos seguintes preceitos: baixo custo, fácil execução, pouca fadiga do avaliador e rapidez e praticidade no processamento.

O método baseasse em capturar imagens da área de um centímetro quadrado de cada cartão de papel sensível, sensibilizado pela pulverização, com uma câmera digital amadora, portátil, de baixo custo. Tal procedimento pode ser realizado em campo, no galpão de uma propriedade rural, dentro de um veículo, etc. Para obtenção de melhores resultados, recomenda-se: operar a câmera digital com a utilização de um tripé para capturar a imagem com melhor foco e manipular os cartões sensíveis em ambiente com umidade relativa do ar inferior a 50%.

A seguir, as imagens capturadas são transferidas para um microcomputador portátil, que facilita a visualização do operador para realizar a contagem das gotas com facilidade e rapidez. Além do emprego de equipamentos de fácil acesso, com computadores e câmeras digitais, o método não requer energia elétrica, pois ambos utilizam baterias, representando praticidade.

Os objetivos foram avaliar a qualidade de uma pulverização aérea, através da determinação da densidade de gotas, e comparar três métodos de análise da densidade de gotas em pulverização de herbicida na cultura do arroz irrigado.

3.2 Material e Métodos

O local, delineamento experimental, tratamentos, área experimental, aeronave, equipamentos e calibrações, preparação das caldas e as condições ambientais seguiu conforme descritos no capítulo 1.

As gotas pulverizadas foram coletadas em cartões de papéis sensíveis à água Spraying Systems® com dimensões de 76mm X 26mm. (Fig. 4A). Em cada uma das cinco faixas centrais de cada talhão, foram instalados cinco cartões, espaçados um metro entre si, fixados horizontalmente em uma superfície de madeira sobre o solo, totalizando 25 coletas por tratamento e 150 no experimento (Fig. 4B). Imediatamente após a aplicação de cada tratamento, os cartões foram recolhidos e embalados em filme plástico e papel aluminizado, para evitar exposição à umidade do ar e imediatamente ao final da instalação de campo, os cartões foram enviados ao laboratório, para análise através de contagem da densidade de gotas.



Figura 4 - Fixação do cartão hidrossensível sobre plataforma de madeira (A). Disposição dos cartões hidrossensíveis ao longo da parcela (B).

Fonte: o autor.

Para quantificar a densidade de gotas coletadas nos tratamentos e comparar os métodos de determinação desta variável, foram testadas três técnicas com as seguintes denominações: lupa binocular Meiji Techno EM Series PLS2 Stand com aumentos 10 x 1,6 vezes, com iluminação auxiliar (lupa); programa computacional Agrosan® (*scanning*); captura de imagem com câmera digital de 8.1 mega pixels, com 230.000 d.p.i LCD, com zoom óptico de 3X modelo Lumix DC Vario Panasonic e visualização em computador portátil com tela de 12 polegadas (imagem).

As análises do método lupa foram realizadas em laboratório do Departamento de Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas, em ambiente

climatizado, com umidade relativa do ar inferior a 50%, para não sensibilizar o material. Com a utilização de uma lupa binocular, cada cartão de papel hidrossensível, foi disposto sobre a mesa do equipamento (Fig. 5A), e sobre o mesmo foi utilizado uma gabarito de papel com um quadro de 1 x 1cm, onde foi realizada a contagem das gotas para cada um dos tratamentos (Fig. 5B).

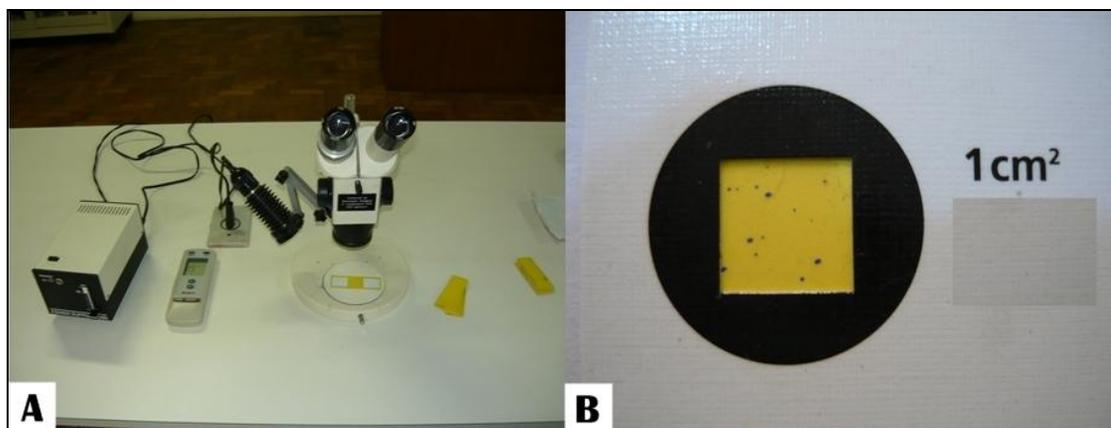


Figura 5 - Lupa utilizada para contagem de gotas (A). Delimitação de 1cm² para contagem das gotas (B).

Fonte: o autor.

As análises do método *scanning*, foram realizadas nos laboratórios da Agrotec, empresa que desenvolveu e detém os direitos sobre o software Agrosan[®] (AGROTEC, 2013a). A técnica utilizada foi a captura de imagem dos cartões com auxílio de um “scanner” com resolução de 600 dpi, em área de no mínimo 1 x 1cm, com posterior análise da imagem digitalizada através do software Agrosan[®].

Para o método imagem, utilizou-se uma sala climatizada, com umidade relativa do ar inferior a 50%, para evitar a sensibilização dos cartões. Cada cartão de papel sensível foi fixado sobre uma superfície plana, e sobre o mesmo foi utilizado um gabarito de papel com um quadro de 1 x 1cm. A câmera digital foi instalada em um tripé, de modo a ajustar facilmente o posicionamento que permitisse o foco adequado das gotas no papel hidrossensível (Fig. 6A). Todas as imagens obtidas dos cartões foram capturadas na mesma posição, em sequência, com a mesma iluminação do ambiente. Posteriormente, as imagens foram transferidas para um computador portátil, onde foi realizada a contagem visual das gotas na tela do computador (Fig. 6B).

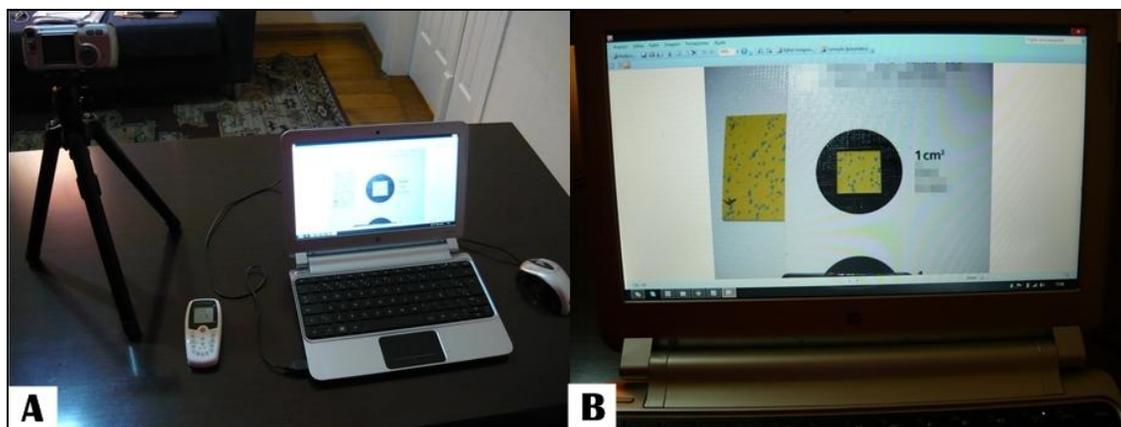


Figura 6 - Equipamentos utilizados pelo método imagem (A). Contagem visual das gotas na tela do computador (B).

Fonte: o autor.

Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro Wilk, à homocedasticidade pelo teste de Hartley e a independência dos resíduos foi verificada graficamente. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância através do teste F ($p \leq 0,05$). Constatando-se significância estatística, os tratamentos foram agrupados de acordo com os tipos de adjuvantes e equipamentos e comparados por meio de contrastes ortogonais, a 5% de probabilidade e os métodos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) (tab. 7).

Tabela 7 - Coeficientes dos contrastes ortogonais testados para adjuvantes e equipamentos em relação à variável densidade de gotas. Camaquã-RS, 2011/12.

| Tratamento ¹ | Contraste | | | | |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ | C ₅ |
| Atomizador: | | | | | |
| 1.HDaAt | + | + | + | | + |
| 2.HAsAt | + | | | + | - |
| 3.HAsBtAt | + | | - | - | |
| Bico: | | | | | |
| 4.HDaBi | - | - | + | | + |
| 5.HAsBi | - | | | + | - |
| 6.HAsBtBi | - | | - | - | |

¹1.HDaAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Dash[®] + atomizador; 2.HAsAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + atomizador; 3.HAsBtAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + adjuvante Break-Thru[®] + atomizador; 4.HDaBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Dash[®] + bico; 5.HAsBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + bico; 6.HAsBtBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + adjuvante Break-Thru[®] + bico

3.3 Resultados e Discussão

Para a variável densidade de gotas ocorreu apenas efeito simples de tratamento (tab. 7). O contraste que comparou equipamentos de aplicação aérea apresentou diferença significativa para a variável avaliada (HDaAt; HAsAt; HAsBtAt x HDaBi; HAsBi; HAsBtBi) (tab. 8). Os valores encontrados mostraram que os tratamentos que utilizaram atomizadores rotativos de discos, apresentaram maiores densidades, 35,80 gotas cm^2 correspondendo a 15,48% superiores aos tratamentos com bicos defletores, que foi de 31,00 gotas cm^2 . O resultado pode ser explicado pelo fato dos atomizadores produzirem gotas menos heterogêneas, com tamanhos mais uniformes quando comparados aos bicos, o que diminui o risco de perdas das gotas menores para fora do alvo por deriva e evaporação. Além disso, espectros mais uniformes, com as regulagens empregadas, geram menor presença de gotas muito pequenas, as quais podem não ser capturadas pelos cartões coletores, ou não sensibilizarem o papel sensível à água, não sendo, portanto, visualizadas posteriormente. Estes resultados estão de acordo com os observados por SILVA (2009) ao concluir que atomizadores rotativos pulverizando fungicidas em arroz apresentaram maior deposição de gotas quando comparado com bicos hidráulicos, e por Schroder (2006) que em pulverizações de inseticidas em soja observou que atomizadores rotativos depositaram mais gotas na base das plantas, enquanto os bicos de impacto depositaram densidade 63% menor.

Os contrastes HDaAt x HDaBi; HAsAt; HAsBi x HAsBtAt; HAsBtBi e HDaAt; HDaBi x HAsAt; HAsBi (tab. 8), que compararam adjuvantes pulverizados com atomizador e bico, não foram significativos, ou seja, os produtos avaliados não interferiram na variável densidade de gotas, não se observando diferença entre Dash e Assist, nem entre Assist e Assist + BreakThru. Exceção foi observada para o contraste HDaAt; HDaBi x HAsBtAt; HAsBtBi (tab. 8), que compara o adjuvante Dash e a mistura de Assist + BreakThru, que apresentou diferença entre os tratamentos. De uma maneira geral, pode-se afirmar que os adjuvantes promoveram densidades de gotas similares.

Tabela 8 - Densidade de gotas ($\text{n}^\circ \text{cm}^{-2}$) em função da aplicação de imazapyr + imazapic com diferentes adjuvantes e equipamentos e significância dos contrastes ortogonais testados. Camaquã-RS, 2011/12.

| Variável avaliada | Contraste ortogonal | | | | |
|--------------------|--|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | C ₁ (1+2+3) ^{1/} vs. (4+5+6) | C ₂ (1 vs. 4) | C ₃ (1+4) vs. (3+6) | C ₄ (2+5) vs. (3+6) | C ₅ (1+4) vs. (2+5) |
| Densidade de gotas | 35,80* 31,00 | 34,60 ^{ns} 36,00 | 35,30* 31,50 | 33,30 ^{ns} 31,50 | 35,30 ^{ns} 33,30 |

^{*,ns} Contrastes significativos e não-significativos, respectivamente, a 5% de probabilidade. ^{1/} 1.HDaAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Dash[®] + atomizador; 2.HAsAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + atomizador; 3.HAsBtAt = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + adjuvante Break-Thru[®] + atomizador; 4.HDaBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Dash[®] + bico; 5.HAsBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + bico; 6.HAsBtBi = imazapyr + imazapic + adjuvante Assist[®] + adjuvante Break-Thru[®] + bico

A comparação entre os métodos para análise de densidade de gotas lupa, *scanning* e imagem, não apresentaram diferenças significativas, mostrando médias de 34,6, 31,9 e 33,7 gotas cm^2 , respectivamente. Resultado semelhante foi observado por Chaim et al. (2002), em experimento onde analisaram a densidade de gotas de uma pulverização aérea com volume de 32L ha^{-1} e compararam os resultados através de dois métodos: microscópico e programa computacional, não observando diferença entre métodos.

Desta forma, os resultados permitem afirmar que o novo método imagem, apresenta acurácia adequada quando comparado aos métodos lupa e *scanning* para determinação da densidade de gotas.

A contagem das gotas pelo método imagem foi menos cansativa que o método lupa, devido à possibilidade de visualização em tamanho maior das gotas na tela do microcomputador e a facilidade do manuseio do equipamento. O processo de captura de imagens com a câmera digital e transferência para o computador foi bastante rápido, fazendo com que os cartões ficassem expostos à umidade do ar por menos tempo que na contagem com lupa, o que também foi observado por (CHAIM et al., 2002).

Diante dos dados observados, propõe-se a validação do novo método de determinação de densidade de gotas coletadas em papel sensível à água em pulverizações aéreas, por atender plenamente aos preceitos buscados nesta pesquisa: baixo custo, fácil execução, pouca fadiga do avaliador e rapidez e praticidade no processamento.

3.4 Conclusões

Atomizadores rotativos de disco com volume de calda de 10L ha^{-1} geram maior densidade de gotas que bicos defletores com 20L ha^{-1} .

A determinação da densidade de gotas pelos métodos da lupa, *scanning* e imagem não diferem entre si.

O novo método imagem pode ser utilizado como ferramenta para tomada de decisões na escolha da densidade de gotas mais eficiente para pulverizações com produtos fitossanitários.

4 CONCLUSÕES

A mistura formulada de imazapyr + imazapic é eficiente e economicamente viável no controle de arroz-vermelho via aplicação aérea na cultura do arroz irrigado, independentemente dos equipamentos e dos adjuvantes utilizados.

O novo método imagem é tão preciso quanto os métodos da lupa, *scanning* para a determinação da densidade de gotas.

5 REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, D.; TIRONI, S.P.; GALON, L.; DAL MAGRO, T. Desempenho de formulações e doses de Glyphosate em soja transgênica. **Revista Trópica**, v.3, p.35-41, 2009.

AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 24 jan. 2013.

AGRONAUTAS. Estatística. Disponível em: <http://www.agronautas.com.br/images/pdf/frota%20agrícola%202012_divulgao.pdf> Acesso em: 22 jan. 2013

AGROTEC. Agroscan. Disponível em:<www.agrotec.etc.br>. Acesso em: 20 fev. 2013a.

AGROTEC. Comparación de programas de computación para recuento y tipificación de impactos de aspersión sobre tarjetas sensibles. Disponível em: <<http://www.agrotec.etc.br/downloads/Comparaci%C3%B3n%20de%20programas%20de%20computaci%C3%B3n%20para%20recuento%20.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2013b.

ANDRES, A.; MACHADO, S. L. O. Plantas daninhas em arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JR.; A.M. (Eds.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.457-546.

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação para o controle da ferrugem da soja. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA, 1., 2005, Uberlândia. **Coletânea**. Uberlândia: EDUFU, 2005. p.193-219.

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo 2008. p.174-5.

BASF. Sistema Clearfield de Produção. 2004. Disponível em: <http://agro.basf.com.br/hotsites/clearfield/clearfield_arroz/cleararroz.asp?area=3>. Acesso em: 21 mar. 2012.

BASF. Sistema Clearfield de Produção. 2012. Disponível em: <http://www.agro.basf.com.br/agr/ms/apbrazil/pt_BR/content/APBrazil/solutions/herbicidas/herbicidas_product/kifix>. Acesso em: 20 jun. 2012.

BAYER, T.; COSTA, I. F.; LENZ, G.; ZEMOLIM, C.; MARQUES, L.M.; STEFANELO, M.S. Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.15, n.2, p.192-8, 2011.

BOLLER, W. **Avanços em tecnologia de aplicação por via terrestre**. Santa Maria-RS, 2009. Pg 29-34. Apostila do 3º Curso de Atualização em Fitossanidade e Tecnologia de Aplicação. SCHRODER CONSULTORIA.

BOUSE, L. F. Nozzle selection for optimizing deposition and minimizing spray drift for the Air tractor. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v.37, n.6, p.1725-31, nov./dec. 1994.

CARVALHO, W. P. A. Adjuvantes para fins agrícolas. In: NEFIT – Núcleo de estudos em fitopatologia. **Avanços na otimização do uso de defensivos agrícolas no manejo fitossanitário**. São Carlos-SP: Suprema gráfica e editora, 2012. p.189-202.

CARVALHO, W. P. A. **Estudo comparativo entre métodos de amostragem de gotas para determinação de faixa de deposição nas aplicações de produtos líquidos**. 1995. 64f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CHAIM, A.; MAIA, A. H. N.; PESSOA, M. C. P. Y. Estimativa de deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n. 6, p.963-9, 1999.

CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y.; NETO, J.C.; HERMES, L. C. **Comparison of microscopic method and computational program for pesticide deposition evaluation of spraying**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.4, p.493-6, 2002.

CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: SIMPÓSIO SOBRE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 1., Dourados, 1997. **Palestras...** Dourados: EMBRAPA, 1997. p.75-94.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Estatística da produção agrícola. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadoresagropecuaria/lspa/estProdAgr_201203.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2012.

COSTA, D. I. **Eficiência e qualidade de aplicações de fungicidas, por vias terrestre e aérea, no controle de doenças foliares e no rendimento de grãos de soja e milho**. 2009. 126f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

CUNHA, J. P. A. R.; CARVALHO, W. P. A. Distribuição volumétrica de aplicações aéreas de agrotóxicos utilizando adjuvantes. **Engenharia na Agricultura**. Viçosa, v.13, n.2, 130-5, 2005.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.5, out. 2008.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS) (2006) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 412p.

ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; COSTA, N. V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, v.22, n.2, p.195-201, 2004.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Production of cereal sandshare in world. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 24 jun. 2012.

FLECK, N. G.; BALBINOT JR., A. A.; AGOSTINETTO, D.; VIDAL, R. A. Características de plantas de cultivares de arroz irrigado relacionadas à habilidade competitiva com plantas concorrentes. **Planta Daninha**, v.21, n.1, p.97-104, 2003.

GADANHA JÚNIOR, C. D. **Avaliação do tempo de resposta de controladores eletrônicos de pulverizadores agrícolas**. Botucatu: UEP, 2000, 125f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura). - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

GALON, L.; AGOSTINETTO, D.; MORAES, P.V.D.; TIRONI, S.P. Estimativa das perdas de produtividade de grãos em cultivares de arroz (*Oryza sativa*) pela interferência do capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, v.25, n.4, p.697-707, 2007.

HEWITT, A. J. Spray drift: impact of requirements to protect the environment. **Crop Protection**, v.19, n.08, p.623-7, 2000.

HILL, B. D.; INABA, D. J. Use of water-sensitive paper to monitor the deposition of aerially applied insecticides. **Journal of Economic entomology**, Lanham, v.82, n.3, p.974-80, 1989.

IGC. International Grains Council. Total Grains. Disponível em: <<http://www.igc.int/en/grainsupdate/sd.aspx?crop=Totalg>>. Acesso em: 22 nov. 2012.

IRGA. Instituto Riograndense do Arroz. Arroz irrigado no RS - área, produção e rendimento. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br>>. Acesso em: 21 maio 2012.

IRGA. Instituto Riograndense do Arroz. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/index.php?principal=1&secao=999&id=121>>. Acesso em: 22 jan. 2013.

KIRK, I. W.; BOUSE, L. F.; CARLTON, J. B.; FRANZ, E.; LATHEEF, M. A.; WRIGHT, J. E. Within-canopy spray distribution from fixed-wing aircraft. **Transactions of the ASAE**, Sp. Joseph, v.37, n.3, p.745-52.1994.

MARCHESAN, E. MASSONI, P. F. S.; VILLA, S. C. C.; GROHS, M.; AVILA, L. A.; SARTORI, G. M. S.; BRUCK, R. F. Produtividade, fitotoxicidade e controle de arroz-vermelho na sucessão de cultivo de arroz irrigado no Sistema CLEARFIELD. **Ciência Rural** (UFSM. Impresso), v.41, p.17-24, 2011.

MENEZES, V. G.; MARIOT, C. H. P; OLIVEIRA, C. A. O. I. Resistência de arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.) a herbicidas do grupo químico das imidazolinonas no sul do Brasil. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre, FIERGS, 2009, 394-398p.

MONTEIRO M. V. M. **Manual de Operações Para Aplicações Aéreas em BVO**. Centro Brasileiro de Bioaeronáutica, 2004. 29p.

MONTEIRO, M. V. M. **Compêndio de aviação agrícola**. Sorocaba-SP, 2006. 298p.

OLIVEIRA, E. de; JADOSKI, S. O. Uso Excessivo de defensivos Agrícolas Compromete a Qualidade da Água e do Solo. **Revista Eletrônica Lato Sensu**, Curitiba. n.1, p.70-84, 2006.

OLIVEIRA, J. R. G.; FERREIRA, M. C.; ROMÁN, R. A. A. Diferentes diâmetros de gotas e equipamentos para aplicação de Inseticida no controle de *Pseudoplusia includens*. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, p.92-9. 2010.

OLIVEIRA, R. B. de. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. 2011. 134p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu.

SALVADOR, J. F. **Análise da deposição em aplicações aéreas de defensivos em função de diferentes alturas de vôo e volumes de calda**. 2011. 61p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SANTOS, F. M.; MARCHESAN, E.; MACHADO, S.L.O.; VILLA, S.C.C.; AVILA, L.A.; MASSONI, P.F.S. Controle químico de arroz-vermelho na cultura do arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.25, n.2, p.405-12, 2007.

SCHRÖDER, E. P. **Avaliação de deriva e deposição de pulverizações aeroagrícolas na região sul do Rio Grande do Sul**. 1996. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SCHRÖDER, E. P. **Avaliação de sistemas aeroagrícolas visando à minimização de contaminação ambiental**. 2003. 73f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SCHRÖDER, E. P. Aplicação em soja. **Cultivar Máquinas**, n.58, 2004. 14p.

SCHRODER, E. P. Em alta rotação. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n.54, p.12-5, jun. 2006.

SCHRODER, E. P. **Inovações em pulverização aérea**. Santa Maria, 2007. p.20-6. Apostila do 1º Curso de Atualização em Fitossanidade e Tecnologia de Aplicação. SCHRODER CONSULTORIA.

SCHRÖDER, E. P.; PINTO, J. J. O.; SILVA, J. B. da. Avaliação de pulverização aéreas dos herbicidas sulfosate e glyphosate. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas daninhas, 2000, 478p.

SCHRÖDER, E. P.; MARTINI, A. T.; ANDRADE, G. P. de. Aplicação aérea de glifosato com diferentes Equipamentos e volumes de calda na dessecação de Cobertura vegetal antes da semeadura de arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO. 1. **Anais**. Balneário Camboriú: Epagri/Sosbai, 2011. p.462-464.

SILVA, T. M. B. da. **Tecnologia de aplicação aérea de fungicidas na cultura do arroz irrigado**. 2009. 63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, T. M. B. da. **Tecnologia de aplicação aérea de fungicidas na cultura do arroz irrigado**. 2012. 62f. Tese (doutorado) – Programa de Pós-graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SINDAG. Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola. Disponível em: <<http://www.sindag.org.br/web/site/xhtml/content/home/default.aspx>>. Acesso em: 17 nov. 2012.

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Porto Alegre: SOSBAI, 2010. 188p.

SOUSA, C.; FARIAS, M. E.; BORTOLI, A. C.; SILVEIRA, R. C.; PERBONI, A. T.; PINTO, J. O.; BACARIN, M. A. **Controle de arroz-vermelho com herbicidas do grupo químico das imidazolinonas**. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, Ribeirão Preto – SP, p.571-5, 2010.

STEELE, G. L.; CHANDLER, J. M.; McCAULEY, G. N. Control of red rice (*Oryza sativa*) in imidazolinone-tolerant rice (*O. sativa*). **Weed Technol.**, v.16, n.3, p.627-30, 2002.

OTTIS, B. V.; CHANDLER, J. M.; McCAULEY, G. N. Imazethapyr application methods and sequences for imidazolinone-tolerant rice (*Oryza sativa*). **Weed Technol.**, v.17, n.3, p.526-533, 2003.

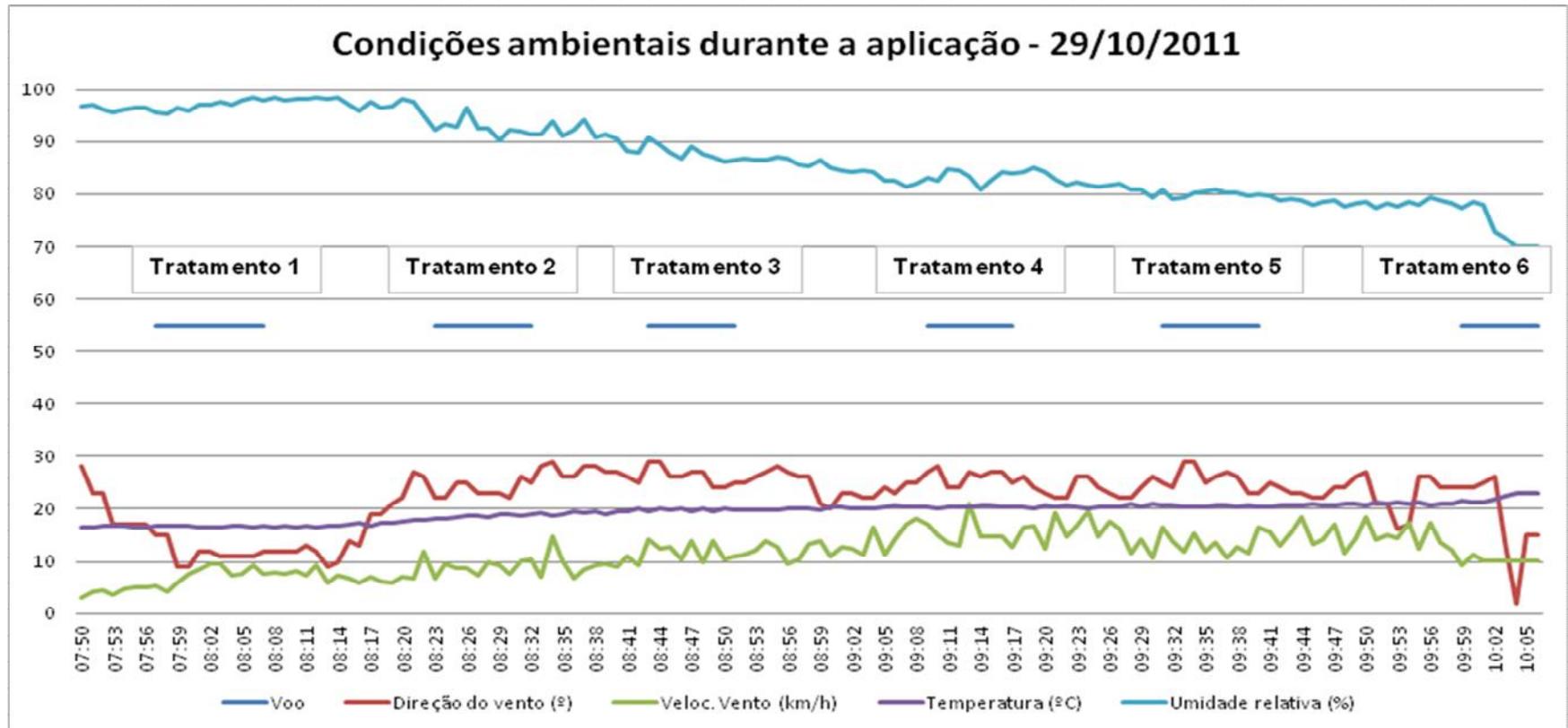
VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P.; BRIGHENTI, A. M.; ADEGAS, S. F.; GAUDÊNCIO, C. A.; VOLL, C. E. **Dinâmica das plantas daninhas e práticas de manejo**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 85p.

WOLF, R. E. The affect of application volume and deposition aids on droplet spectrum and deposition for aerial applications In: ASAE/NAAA Technical Meeting, 38, 2004, Reno. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 2004.

ANEXOS

Anexo A

Dados de temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento durante a primeira aplicação.



Anexo B

Dados de temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento durante a segunda aplicação.

