

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/331161105>

[Edição 152] Novas perspectivas no controle de plantas daninhas com base na agricultura de precisão

Article · April 2016

CITATIONS

0

READS

309

6 authors, including:



Luan Pott

Universidade Federal de Santa Maria

22 PUBLICATIONS 41 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Telmo Jorge Carneiro Amado

Universidade Federal de Santa Maria

261 PUBLICATIONS 3,706 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Elódio Sebem

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC

33 PUBLICATIONS 30 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Marcos Santos

Universidade Federal de Santa Maria

1 PUBLICATION 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



soil carbon [View project](#)



No-till and Cover Crops [View project](#)

Novas perspectivas no controle de plantas daninhas com base na agricultura de precisão

Luan Pierre Pott¹; Telmo Jorge Carneiro Amado²; Nelson Diehl Kruse³; Elodio Sebem⁴; Darlan Preuss⁵; Marcos Santos⁶

Introdução

A tecnologia de aplicação terrestre de produtos fitossanitários em lavouras de grãos evoluiu muito na última década, haja vista a tecnologia embarcada em pulverizadores, como o desligamento de seções, a seleção de bicos mais adequados, além da utilização de produtos mais estáveis. Somado a esses avanços tecnológicos, a consideração dos fatores abióticos, principalmente temperatura, vento e umidade do ar, além dos fatores bióticos, no que dizem respeito ao alvo biológico a ser alcançado, possibilitam uma pulverização mais precisa, segura e eficiente.

Matuo (2001) definiu de forma genérica, a tecnologia como a aplicação de conhecimentos científicos a um determinado processo produtivo. Dessa forma, neste trabalho definiu-se como “tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários” o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta aplicação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, no momento mais apropriado e com o mínimo de contaminação ambiental.

Destarte, o conceito de agricultura de precisão de um sistema com elevado nível de gerenciamento agrícola, considerando a variabilidade espacial e temporal da unidade pro-

ductiva, que visa o incremento do retorno econômico, a sustentabilidade e a minimização do impacto ambiental (MAPA, 2014), é capaz de auxiliar nos tratamentos fitossanitários, proporcionando uma maior eficiência na pulverização.

Economicamente, plantas daninhas, ou seja, plantas voluntárias sem âmbito econômico em áreas de produção, ocasionam perdas consideráveis nas culturas de grãos. Essas perdas são representadas pela redução de produtividade da cultura econômica, pelo aumento do custo de produção devido à utilização de métodos de controle, onde o método químico com a utilização de herbicidas é o mais comumente utilizado, devido sua rapidez de ação, alta eficiência e, ainda pela reduzida mão de obra demandada.

A pulverização, seja ela em época de pré-semeadura (dessecação), pré-emergência ou pós-emergência, é rotineiramente realizada em área total, não levando em consideração a variabilidade espacial da comunidade infestante, de sua densidade de infestação, ou ainda a variabilidade de atributos de solo que interferem no efeito dos produtos.

Pulverizações de forma dirigida, com o intuito de controlar plantas daninhas de forma localizada, proporcionam, além de uma maior economia de produto, uma harmoniza-

¹Luan Pierre Pott, Graduando do curso de Agronomia - UFSM
luanpierrepot@hotmail.com

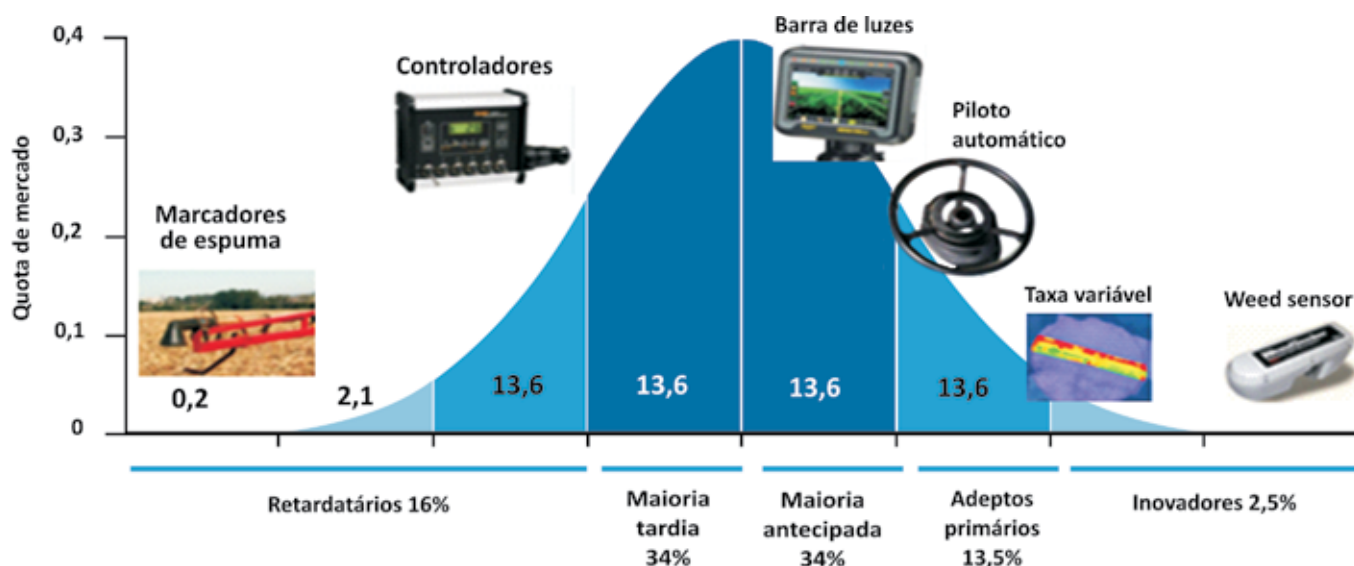
²Eng-Agr. Prof. Titular, Pesquisador CNPq, Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão - UFSM,
proftelmoamado@gmail.com

³Eng-Agr. Prof. Adjunto do Departamento de Fitotecnia Plantas Daninhas,
nelsondkruse@gmail.com

⁴Eng-Ftal. Prof. do Colégio Politécnico e do Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão da UFSM,
elodiosebem@politecnico.ufsm.br

⁵Graduando do Curso de Agronomia – UFSM,
darlanpreuss@hotmail.com

⁶Graduando do curso de Tecnologia em Geoprocessamento – UFSM,
marcosgeoufsm@gmail.com



Fonte: Adaptado de Basedon Rogers, E. (2006). Difusão de inovação. Free Press, London, NY, USA.

Figura 1. Evolução de adoções de tecnologia de agricultura de precisão para pulverização de herbicidas.

ção das questões ambientais. Nuspl et al. (1996), e Heisel et al. (1996) obtiveram-se economia na quantidade de herbicida de 30% a 80% e 66% a 75%, respectivamente, devido à pulverização dirigida, comparada à pulverização em área total.

Neste trabalho, será apresentada uma revisão sobre as tecnologias para pulverização de herbicidas de forma precisa, através de técnicas de agricultura de precisão e de sensoriamento, nas quais se considera a variabilidade espacial da área, tanto da comunidade infestante de plantas daninhas, quanto de outras variáveis relacionadas ao seu manejo, bem como estudos em desenvolvimento, e tendências de pesquisas futuras.

Histórico das tecnologias de pulverização

Uma das primeiras tecnologias utilizadas no controle das pulverizações agrícolas terrestres foi a dos marcadores de espuma. Ela consiste na marcação de linhas nos limites da

barra de pulverização com o objetivo de orientar o operador, evitando áreas sem aplicação e/ou áreas com sobreposição do agroquímico.

Na sequência, tecnologias que permitam ajustar doses de aplicação, velocidade, visualização do volume do tanque, e controle de seções de barra facilitaram o controle e eficiência das pulverizações.

A barra de luzes, tecnologia que substituiria os convencionais marcadores de espuma, segundo Baio et al. (2001) é um equipamento utilizado para a orientação de um veículo em faixas adjacentes, com o propósito de diminuir a sobreposição entre passadas consecutivas e otimizar a eficiência da operação agrícola. Possui um conjunto de LEDs (Light Emitting Diode) verdes que se mantêm ligados quando o veículo está mantendo o alinhamento programado ou liga um conjunto de LEDs vermelhos quando o veículo está se afastando do alinhamento programado.

Já a tecnologia DGPS (Differential Global Positioning System)

possibilitou a implantação tanto das barras de luzes como o desenvolvimento do piloto automático para a guia de máquinas agrícolas.

Para a aplicação de produtos fitossanitários a dose variada de forma convencional, é necessário realizar o levantamento de dados, executar uma prescrição a taxa variada com a confecção de mapas temáticos, tarefa que acaba por se tornar um método trabalhoso e oneroso ao produtor, para posterior interpretação e manejo diferenciado.

Desta forma, tecnologia que utiliza sensores ópticos para detecção de plantas daninhas está sendo amplamente pesquisada para a sua implementação, possibilitando pulverizações de herbicidas de forma dirigida e a taxa variada.

Na figura 1 pode-se acompanhar a evolução da adoção dessas tecnologias por parte dos produtores dos Estados Unidos da América, a qual pode ser extrapolada para o que vem ocorrendo na situação brasileira.

Mapeamento de plantas daninhas

Plantas daninhas são frequentemente encontradas infestando lavouras, terrenos baldios, calçadas, estradas, seja por sua característica agressiva, seja por estar adaptada a povoar ambientes perturbados. De acordo com Gerhards et al. (1997) Lamb & Brown (2000), é reconhecível que muitas espécies de plantas daninhas se localizam de forma agrupada, em “reboleiras”, devido principalmente sua biologia e forma de dispersão de propágulos.

Outras características que influenciam a distribuição espacial de plantas daninhas em áreas agrícolas estão ligadas a atributos do solo, como acidez, nível de fertilidade, teor de matéria orgânica, densidade do solo; também condições climáticas, como volume e distribuição pluviométrica, velocidade do vento, umidade e temperatura do solo têm papel relevante nessa distribuição.

Mesmo com a distribuição desuniforme das plantas daninhas em áreas agrícolas, técnicas aprimoradas de sistema de informação geográfica tornam possível caracterizar esta variabilidade espacial, obtendo como produto mapas temáticos de espé-

cies de plantas daninhas, seu grau de infestação, diversidade, entre outros. Tudo isso tendo como objetivo a pulverização de forma dirigida, a dose variada e inclusive com a seleção e combinação de princípios ativos de acordo com a espécie, nível de infestação e estágio de desenvolvimento de invasoras.

Neste contexto, alguns métodos convencionais de levantamento de dados de plantas daninhas serão apresentados na sequência.

Método de contorno das infestações

Este método consiste no caminhamento pelo campo e demarcação de pontos e polígonos com “reboleiras” de plantas daninhas, registrando a presença de espécies, graus de infestação e diversidade da flora, utilizando a tecnologia GNSS (Global Navigation Satellite System).

Na figura 2 é apresentado um exemplo de demarcação de espécies daninhas, possibilitando a pulverização apenas nas áreas com presença das plantas, permitindo até, neste caso, alternância de mecanismos de ação dos herbicidas, levando em conta a diversidade das espécies presentes.

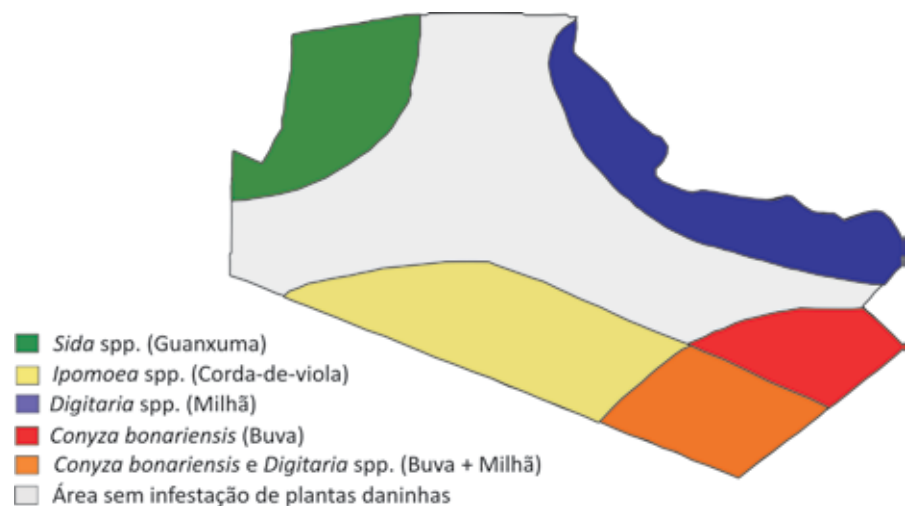


Figura 2. Mapa temático de polígonos delimitando áreas com populações/comunidades de plantas daninhas.

Método de amostragem em grade

Esta metodologia é amplamente utilizada para levantamento da variabilidade espacial de acidez e fertilidade de solos para correção e adubação a taxa variada, mas pode ser também utilizada para levantamento de plantas daninhas.

O método consiste na divisão da área em pequenas unidades (grades), podendo variar em tamanho e forma geométrica de grade. A mais comumente utilizada é a grade quadriculada, em que há um ponto central georreferenciado, o qual será utilizado como ponto de informação para interpolação em aplicativo ("software") especializado, gerando mapas temáticos.

Em relação ao tamanho de grade a ser gerada para malha de coleta de informação, pode-se dizer que depende da área agrícola, disponibilidade de mão-de-obra, tempo destinado a esse serviço, entre outros. Na medida que diminui a grade amostral, aumentando o número de pontos por área, mais confiável e precisa é a informação. Porém, é notório o maior trabalho e a onerosidade deste serviço.

Vários tamanhos de grades foram analisados com o intuito de recomendação de um tamanho de grade que seja viável e com bom nível de precisão. Segundo Lutman & Perry (1999), $(6 \times 6)\text{m}^2$ foi considerado o tamanho máximo de uma grade, já que grades maiores podem gerar mapas com baixa resolução, inviabilizando a técnica.

As áreas mínimas de coletas amostrais para a realização do mapeamento das plantas daninhas já foram testadas, chegando-se a quadros amostrais de $0,06\text{m}^2$ a $0,38\text{m}^2$ (Dessaint et al. 1991; Cardina et al. 1996; Gehards et al. 1996) como os mínimos possíveis.

Com o banco de dados da comunidade infestante da área, são

gerados os mapas temáticos de plantas daninhas da área, sendo possível visualizá-los ou em forma de grade, com o tamanho de grade pré-estabelecido, ou o mapa temático interpolado, nos quais são utilizadas as ferramentas da geoestatística.

Na figura 3, é representada a variabilidade da comunidade infestante com as informações obtidas através do método de amostragem em grade, possibilitando a prescrição de pulverização em taxa variada. Os métodos que podem variar a taxa de aplicação são: variação na velocidade de deslocamento do pulverizador, pressão do sistema e tipo de ponteiros, estas últimas variando a vazão dos bicos.

Há também uma alternativa para sistemas mais tecnológicos e avançados, como a confecção de mapas temáticos de prescrição de herbicidas. Nesse sistema, conforme os mapas temáticos adicionados aos controladores o sistema de pulverização é alterado e, à medida que o

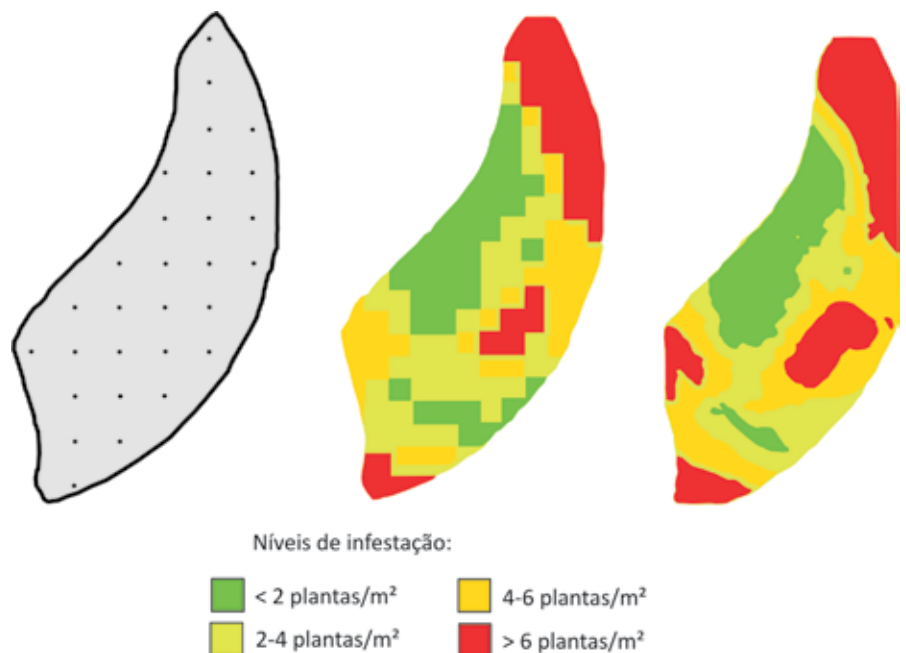


Figura 3. Grade amostral de plantas daninhas (esquerda), mapa temático da comunidade infestante em forma de grade, (meio), e mapa interpolado (direita).

pulverizador se desloca no campo, doses adequadas de produtos serão pulverizadas de acordo com níveis de infestação que se encontram.

Os mapas de prescrição de herbicidas devem levar em consideração aspectos quantitativos e qualitativos da infestação (Antuniassi et al. 2010). Outros fatores importantes são: o histórico da distribuição das plantas daninhas, atributos do solo como pH, matéria orgânica do solo, e cobertura vegetal. Ainda, o processo de tomada de decisão na criação de um mapa de pulverização deve levar em conta os erros do sistema de posicionamento, a acurabilidade do mapeamento dos alvos, a movimentação das manchas de plantas ao longo do tempo e as características de desempenho do equipamento de pulverização como o tempo de resposta, velocidade, tamanho da barra, entre outros (Antuniassi et al. 2010).

Método de avaliação de plantas daninhas na largura de trabalho de pulverizadores

Os pulverizadores existentes no mercado possuem uma largura de barra com bicos de pulverização

que pode variar desde pulverizadores costais de 1m até pulverizadores mecanizados terrestres e pulverização aérea de 30 m ou mais.

Na maioria dos pulverizadores nestas larguras de trabalho o volume pulverizado é considerado o mesmo, não havendo variações de taxa de aplicação por bico ao longo da barra de pulverização. Porém, devido a perdas de carga (pressão) e problemas nas mangueiras e bicos, encontradas em alguns casos, há diferenças de volumes pulverizados por bico, mas esta variação é desconsiderada e/ou aceitável para fins de aplicação.

Como ao longo da barra da maioria dos pulverizadores do mercado a taxa de aplicação é considerada constante, não há tanta relevância em analisar a variabilidade de plantas daninhas ao longo da largura da barra. Porém, é de grande utilidade o levantamento da variabilidade ao longo do deslocamento longitudinal do pulverizador, haja vista a possibilidade de pulverização a taxas variadas ser realizada em faixas, onde estas faixas serão dependentes da largura de trabalho do pulverizador.

Na figura 4 tem-se um exemplo de grade amostral levando em consi-

deração a largura da barra de pulverização de 25m. Os pontos de coleta da comunidade de plantas daninhas estão ao longo do deslocamento do pulverizador, neste caso, para exemplificação, apresentado com duas linhas de pulverização subsequentes.

Sistemas sensores para identificação de plantas daninhas

Os métodos convencionais de levantamento da comunidade infestante para posterior prescrição de pulverização de herbicidas, como os descritos anteriormente, são métodos muito trabalhosos e demandam muito tempo para o levantamento.

Uma alternativa possível para detecção de plantas daninhas, que vem sendo muito investigada, é a utilização de sistemas sensores, os mesmos que já estão sendo utilizados para avaliação das condições nutricionais de plantas a nível de campo.

Os sensores têm a função de coletar e detectar a energia provinda de objetos e, como produto destes sensores, obtém-se uma imagem ou

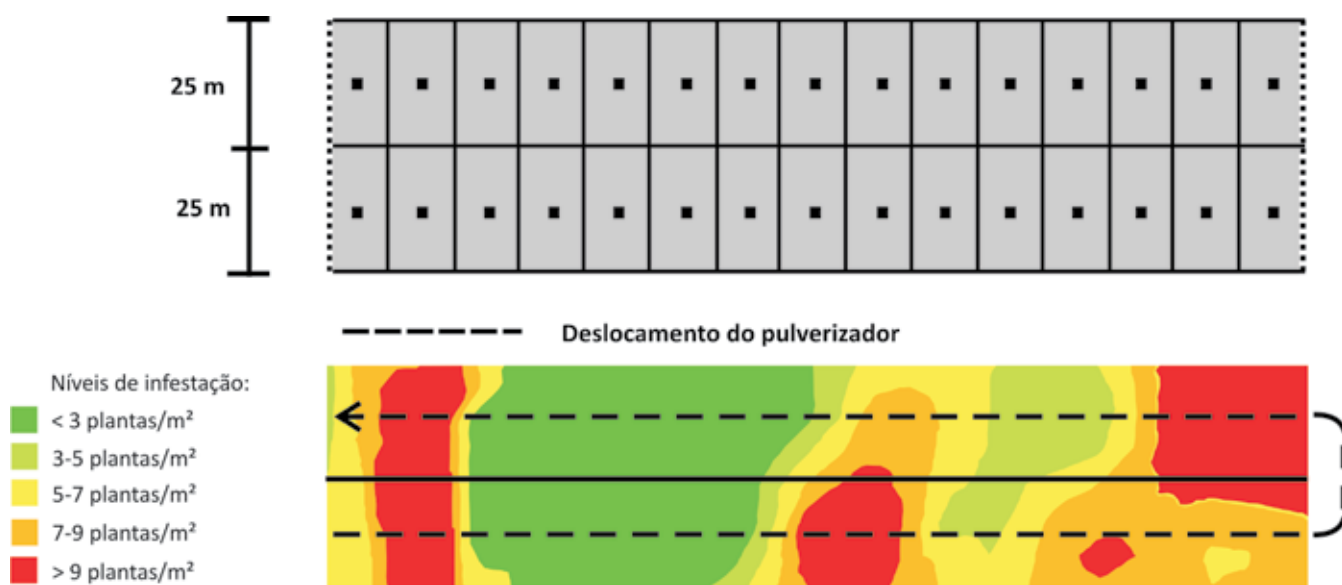


Figura 4. Grade amostral de plantas daninhas e mapa temático de níveis de infestação.

gráfico, que pode estar associado à sua assinatura espectral ou comportamento espectral de tal alvo.

Por assinatura espectral entende-se que seja a intensidade relativa com que cada corpo reflete ou emite a radiação eletromagnética nos diversos comprimentos de onda. Já, o comportamento espectral de alvos é relativo a assinatura espectral acrescido das influências que ocorram devido as interações com o meio em que são realizadas as leituras, ângulo de medição, entre outros.

Os comportamentos espectrais dos alvos: plantas, solos, resíduos vegetais e concreto é apresentada na figura 5. Nesta, observa-se que há comprimentos de onda que têm maior amplitude e capacidade de diferenciação destes alvos, sendo possível a seleção destes comprimentos de onda, ou através de equações, incluir mais de um comprimento de onda, gerando índices, para diferenciação de plantas, do solo, resíduos vegetais, e concreto.

Desta forma, é possível por meio de algoritmos programados em sensores distinguir as plantas daninhas de outros alvos. Através

então, da automação envolvendo estes sensores em plataformas com sistema de pulverização acoplado, controlar plantas daninhas de forma dirigida em pré-semeadura (dessecação) e em tempo real (on-the-go).

Porém, para diferenciação de planta cultivada das plantas daninhas, como nas pulverizações em pós-emergência, é necessária uma análise mais minuciosa de assinaturas espectrais e comportamentos espectrais da flora presente nos ambientes agrícolas.

Vegetações em geral possuem uma curva espectral característica, porém certos gêneros, famílias de plantas possuem especificidades na morfologia, fisiologia e estrutura celular de tal forma que a diferenciação de reflectância em certos comprimentos de onda possibilita a sua identificação. No entanto, para controle dirigido em pós-emergência são necessários mais estudos para desenvolver tecnologias nesta linha de pesquisa, possibilitando a diferenciação de plantas daninhas de plantas cultivadas, visando maior eficiência e precisão nas pulverizações.



www.
**sementes
com vigor**
.com

SOJA:

IPRO: Ponta, Garra, Lança, Elite

RR: Potência, Valente, Alvo, Turbo, Ativa, Apolo, Veloz

FEIJÃO: BRS Estilo, IPR Tuiuiú e IPR Uirapuru

TRIGO OR: ORS 25, Ametista, Jadeite, Topázio, Marfim

TRIGO TBIO: Toruk, Iguazú, Sinuelo, Sintonia

AVEIA BRANCA: URS Taura e Corona

AVEIA PRETA: Iapar 61



54 3231 1132 • 54 3504 5651

BR 285 - Km 142 - Vacaria - Rio Grande do Sul - Brasil
www.sementescomvigor.com.br

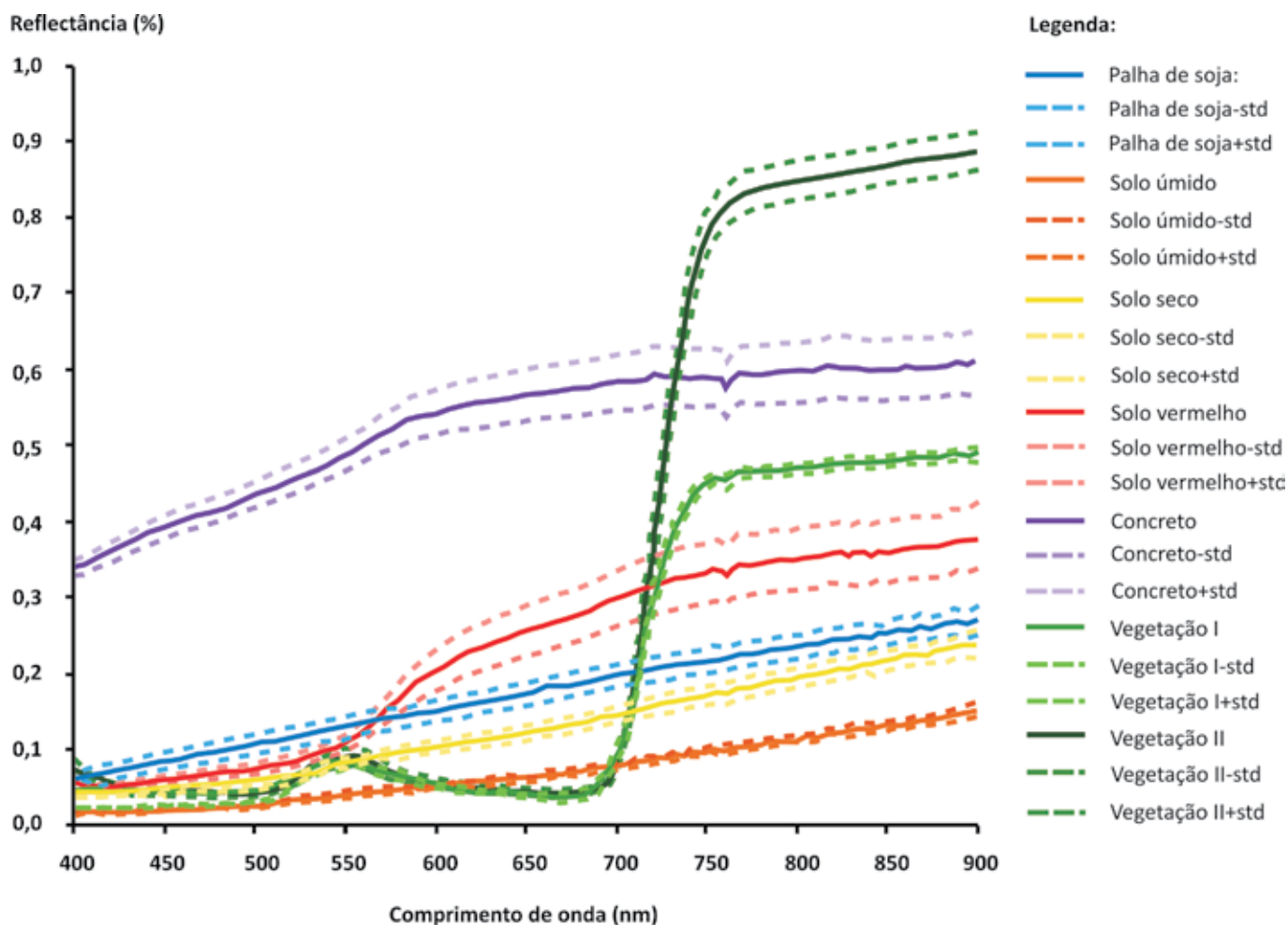


Figura 5. Comportamentos espectrais de alvos biológicos e não-biológicos. Linha contínua refere-se a média das leituras. n=12. Linhas pontilhadas referem-se à média mais ou menos std (desvio-padrão).

Novas tecnologias e perspectivas futuras

O mercado de pulverizadores tem evidenciado o aumento da eletrônica embarcada em seus auto-propelidos, com tecnologias de posicionamento, GNSS, até tecnologias mais aplicadas, todas com intuito de aumentar a eficiência e acurácia das pulverizações.

Neste contexto, tecnologias de desligamento de seção e desligamento bico a bico têm evoluído muito nos últimos anos. Têm como função a diminuição da sobreposição de pulverizações, sobreposição de produtos fitossanitários que geram

consequências tanto econômicas, visto o maior consumo de produto; agrônômicas, como recobrimento de pulverizações, podendo ocasionar fitotoxidez na cultura cultivada; e ambientais, com maior utilização de produtos que causam distúrbios na fauna e flora.

Outra tecnologia que está sendo dada atenção pelos agricultores é a iluminação das barras de pulverização, o que permite pulverizações em condições de ausência de luminosidade natural. Atrelado a isto, barras com múltiplas ponteiros de distintos bicos tem facilitado a regulagem da pulverização para aumento da eficiência na operação, tanto em um

novo trabalho, quanto a partir de mudanças nas condições de pulverização, como a exemplo, nível de dossel de plantas, alterações de produtos e condições climáticas da operação.

Estações meteorológicas embarcadas em pulverizadores têm se mostrado uma tecnologia ascendente para o cuidado das variáveis climáticas durante a pulverização, podendo manejar regulagens do sistema de pulverização para melhor se adequar ao meio, obtendo maior eficiência, ou até mesmo barrar o trabalho a ser realizado, por condições ambientais adversas à pulverização.

Para identificação de plantas daninhas tem-se avançado em pesquisas com câmeras multiespectrais acopladas tanto em VANT (veículo aéreo não tripulado), extensores, e satélites. Geram informações da comunidade infestante da área agrícola, possibilitando a prescrição do controle dirigido de plantas daninhas tanto em pré-semeadura, como em pós-emergência.

Atuando com automação agrícola, o VANT com sistema de pulverização e sensores com algoritmos definidos são capazes de identificar a ocorrência de plantas daninhas e realizar seu controle de forma dirigida. No mesmo sentido, robôs com plataforma de múltiplos sensores previamente instalados, são também capazes de mapear a ocorrência de plantas daninhas, identificá-las, e realizar seu controle com o produto selecionado, dose e calda adequada.

Considerações Finais

Tecnologias embarcadas em pulverizadores aumentam a eficiência e precisão e, em consequência, proporcionam maior retorno econômico, harmonizando-as com as questões ambientais, e por isto tendem a aumentar no âmbito agrícola.

Métodos de levantamento de plantas daninhas convencionais são

mais eficientes que o manejo tradicional, este último que considera como uniforme a ocorrência e distribuição das plantas daninhas nas áreas agrícolas.

Métodos convencionais de levantamento georreferenciado de plantas daninhas são trabalhosos e onerosos para sua realização com eficácia. Sendo assim, tecnologias que envolvem o uso de sistemas sensores para o levantamento, e através da automação com plataforma de sensores e sistema de pulverização, possuem elevada perspectiva de utilização para controle das plantas daninhas de forma dirigida em pré-semeadura em tempo real. Estas tecnologias podem reduzir em mais de 50% o uso de herbicidas.

Tecnologias de sensores para distinção de plantas cultivadas de plantas daninhas estão em desenvolvimento visando possibilitar pulverizações com sensores de distinção em pós emergência das plantas daninhas sob uma cultura estabelecida.

Referências

Antuniassi U. R.; Baio, F. H. R. **Tecnologia de aplicação de defensivos**. Manual de manejo e controle de plantas daninhas.

Balastreire, L. A.; Baio, F. H. R. Avaliação de uma metodologia prática para o mapeamento de plantas daninhas. **Bras. Eng. Agríc. Amb.**, v. 5, n. 2, p. 349-352, 2001.

Cruvinel, P. E.; Karam, D.; Beraldo, J. M. G. **Agricultura, precisão e manejo de plantas invasoras na cultura do milho**. Agricultura de Precisão Resultados de um Novo Olhar. 1ª Edição, p. 135-156, 2014.

Herrmann, I et al. Ground-level hyperspectral imagery for detecting weeds in wheat fields. **Precision Agriculture** v.14 n 3, 2013.

Hestir, E. L. et al. Identification of invasive vegetation using

hyperspectral remote sensing in the California Delta ecosystem. **Remote Sensing of Environment**, 4034-4047, 2008.

Machado, M. L, et al. Estimativa de severidade do mofo-branco em lavouras de feijão utilizando-se sensores hiper e multiespectral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, n.5, p.426-432, 2015.

Nessrallah, M. G. T.; Molin, J. P. **Amostragem e mapeamento de plantas daninhas e doenças com auxílio de GPS em culturas de verão no Paraná**. Estágio Profissionalizante em Eng. Agrônômica. USP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 2002.

Salvador, A.; Antuniassi, U. R. Mapeamento da distribuição espacial da infestação de plantas daninhas na cultura do milho em plantio direto. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n. 1, p. 1-17, 2006.

Santi, A. L. et al. Phytosociological variability of weeds in soybean field. **Planta Daninha**, v.32, n. 1, p. 39-49, 2014.

Sartori, L. R.; Galo, M. L. B. T.; Imai, N. N. Mapeamento de plantas daninhas em cultura de café a partir de imagens multiespectrais de escalas grandes usando redes neurais artificiais. **Revista Brasileira de Cartografia** Nº 61/02, p. 165-175, 2009.

Shiratsuchi L. S. et al. **Mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas**. 1º Edição, 2003.

Shiratsuchi L. S.; Molin, J.P.; Christoffoleti, P.J. Mapeamento da distribuição espacial da infestação de *Panicum maximum* durante a colheita da cultura de milho. **Planta daninha**, n.2, p. 269-274, 2004.

Young, S.; Meyer, G. Precision and automation weed control technology. **Crops&Soils magazine. American Society of Agronomy**. 2012.