

# Comparação da tecnologia ExactApply™ de pontas de aplicação de agroquímicos em três velocidades com a convencional

Ian Fernando Machry<sup>1\*</sup> Vanderlei Bier<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.  
ianmachry96@hotmail.com

**Resumo:** Nas pontas dos pulverizadores convencionais a formação de gotas, muitas vezes é desuniforme, pois a faixa de velocidade de aplicação uniforme da ponta é muito estreita para manter a qualidade. Variações de velocidade são necessárias por causa da topografia ou do sistema de conservação e ainda por causa de manobras realizadas durante as aplicações, o que dificulta a uniformidade de vazão e cobertura sobre a cultura de defensivos agrícolas. Visando colocar o produto no alvo, na hora certa, no lugar correto e com as mínimas perdas por deriva, escorrimento ou inversão térmica. O objetivo do presente trabalho consiste em avaliar a eficiência da tecnologia ExactApply™ quanto a pulsação de 30 Hertz em comparação as aplicações convencionais. O experimento foi realizado na cidade de Palotina no Paraná, no mês de setembro de 2021, conduzido no esquema fatorial 2x3 sendo, o fator um, com e sem a tecnologia ExactApply™, fator dois, com três velocidades (7, 15 e 20 km-h<sup>-1</sup>). O experimento foi realizado com quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Em cada parcela foram utilizados um papel hidrossensíveis. Os dados foram submetidos a análise no software gotas da Embrapa. Foi realizada a análise de variância (ANOVA) e em caso de diferença estatística significativa (5%) as médias comparadas por meio do teste de Tukey pelo programa estatístico SISVAR 5.6. Os parâmetros avaliados foram vazão, porcentagem de cobertura e diâmetro mediano volumétrico.



**Palavra-chave:** Aplicação de defensivos; tamanho de Gotas; diâmetro mediano volumétrico; Eficiência de aplicação

## Comparison of ExactApply™ technology of agrochemical application tips at three speeds with conventional

**Abstract:** On conventional spray tips, the formation of drops is often uneven, as the speed range of uniform application of the tip is too narrow to maintain quality. Speed variations are necessary because of the topography or conservation system and also because of maneuvers carried out during applications, which makes it difficult to uniform flow and coverage over the crop protection product. Aiming to place the product on the target, at the right time, in the correct place and with minimal losses due to drift, run-off or thermal inversion, the objective of the present work is to evaluate the efficiency of the ExactApply™ technology regarding the pulsation of 30 Hertz compared to conventional applications. The experiment was carried out in the city of Palotina, Paraná, in September 2021, conducted in a 2x3 factorial scheme, factor one, with and without ExactApply™ technology, factor two, with three speeds (7, 15 and 20 km-h<sup>-1</sup>). The experiment was carried out with four replications, totaling 24 parcels. In each plot, a hydro-sensitive paper was used. Data were analyzed using the Embrapa drops software. Analysis of variance (ANOVA) was performed and, in case of statistically significant difference (5%), the means were compared using Tukey's test using the SISVAR 5.6 statistical program. The parameters evaluated were flow, percentage of coverage and volumetric median diameter.

**Keywords:** pesticide application; drop size; volumetric median diameter; Application efficiency

## Introdução

A tecnologia de aplicação de agroquímicos, dentre outros fatores, pode ser definida como uma adequação na colocação e distribuição dos produtos fitossanitários. Para isso, a escolha da ponta de pulverização é fundamental para que se obtenha uma gota de tamanho ideal, porém essa preferência deve estar diretamente associada a questões como a vazão pretendida, o tamanho de gotas desejado, a variação de velocidade de distribuição em função de declives e aclives, bordaduras e alguns obstáculos como postes, torres e árvores, volume de calda e condições ambientais (MILLER e BUTLER ELLIS, 2000; RAMOS, 2001). Sendo assim, esta tecnologia é um conjunto de conhecimentos que integram todas as informações sobre os produtos utilizados, como suas formulações, equipamentos para a pulverização, alvos, recursos humanos e informação do ambiente, visando uma aplicação mais oportuna, segura e responsável, levando sempre em consideração as boas práticas agrícolas (ANTUNIASSI et. all, 2017).

A finalidade da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários consiste em dispor a quantidade adequada de ingredientes ativos no alvo, com a máxima eficiência e de maneira econômica, procurando sempre impactar o mínimo possível sobre o meio ambiente (MATTHEWS, 2002). O ideal é que durante as aplicações o tamanho das gotas seja homogêneo e uniforme, cuidando para que não sejam produzidas gotas muito grossas nem muito finas, evitando assim perdas por escorrimento ou deriva, respectivamente (SANTOS, 2006).

Nesse sentido, um dos maiores problemas na agricultura atual a ser superado é aumentar a eficiência e qualidade das aplicações de agrotóxicos, pois muitas vezes parte do produto aplicado perde-se no ambiente (CUNHA *et al.*, 2010; NUYTENS *et al.*, 2006; TSAI *et al.*, 2005). Sendo assim, a deriva, inversão térmica e escorrimento da calda são exemplos de fatores desfavoráveis, pois além de promover a perda de agroquímicos aumentando custo, agridem ao meio ambiente. Decorrente dessas questões tem-se buscado possibilidades que reduzam tais problemas (CROSS *et al.*, 2001).

Para usufruir de uma qualidade superior de aplicação é necessário levar em conta diversos fatores, sendo eles: seleção de defensivos agrícolas, aplicação no momento ideal, periodicidade suficiente de aplicações, volume adequado, aplicação ajustada no alvo e à cultura (CUNHA *et al.*, 2010). Tanto a deposição quanto a ausência de produto são influenciadas por configurações de trabalho dos pulverizadores, velocidade do vento, arquitetura das plantas, condições meteorológicas, características morfológicas, estágio de desenvolvimento e volume de aplicação (SOUZA *et al.*, 2003). Desta maneira, para que haja uma boa qualidade de aplicação o produto deve exercer a sua ação sobre a cultura que se deseja controlar e qualquer

quantidade do produto fitossanitário que não atinja esse alvo não terá nenhuma eficácia e será considerada uma perda (CONCEIÇÃO e SANTIAGO, 2003).

Nas pontas dos pulverizadores convencionais a formação de gotas, muitas vezes é desuniforme, pois a faixa de velocidade de aplicação da ponta é muito estreita para manter a qualidade e variações de velocidades são necessárias por causa da topografia ou do sistema de conservação e ainda por causa de manobras realizadas durante as aplicações que dificulta a boa cobertura sobre a cultura. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho consistiu em avaliar a eficiência da tecnologia ExactApply™ quanto a pulsação de 30 Hertz em comparação as aplicações convencionais.

### **Material e Métodos**

O estudo foi desenvolvido no município de Palotina no mês de setembro de 2021, região centro oeste do Paraná, situada a 24° 17' 02" S e 53° 50' 24" O, com 320 metros de altitude. O solo é classificado como latossolo vermelho escuro distrófico (EMBRAPA, 2018). A textura é argilosa mista com relevo suavemente ondulado, ao qual vem sendo manejado pelo sistema de cultivo direto por vários anos.

O experimento foi conduzido no esquema fatorial 2 x 3 sendo, o primeiro fator, com e sem a tecnologia de aplicação ExactApply™ e o segundo fator, três velocidades (7, 15 e 21 km.h<sup>-1</sup>), com quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Em cada parcela foi utilizado papel hidrossensíveis.

A temperatura ambiente da aplicação estava 24 °C, umidade relativa do ar em torno de 61 % (variação de temperatura bulbo seco para bulbo úmido de 5,2 a 5,4) e velocidade do vento variando de 5,8 a 9,7 km.h<sup>-1</sup>, registrados na estação meteorológica móvel John Deere (Figura, 1).

**Figura 1** - Dados coletados na estação meteorológica John Deere durante o experimento



Para as aplicações foi utilizado um pulverizador autopropelido (Figura. 2), marca John Deere, modelo M4030 com tanque de 3.000 litros em polietileno, 36 metros de barra em fibra de carbono, espaçamento de 50 centímetros entre bicos, aplicando água potável, Ph 7,0, sem adjuvante adicional. O mesmo é equipado com a tecnologia de aplicação ExactApply™ e o mesmo pulverizador foi utilizado no modo convencional.

**Figura 2** - Pulverizador John Deere M4030 equipado com ExactApply™.



O pulverizador foi equipado com torres de aplicação (porta-bicos) com 6 pontas cada (Figura 3), sendo que foi utilizado somente a ponta 3d hypro azul (PS3DQ0003) que indica uma vazão-padrão de 0,3 galões americano por minuto (1,13 litros por minuto), em pontas sem desgaste quando pressurizadas a 40 PSI, na tecnologia convencional. A vazão escolhida para o

experimento foi de 100 litros por hectare, na aplicação convencional e para ExactApply™ a mesma vazão, configurada para pulsação de 30 Hertz.

**Figura 3 - Torre de pontas ExactApply™.**



Para assimilar a cobertura, vazão e diâmetro médio volumétrico (DMV) durante as aplicações foram dispostos coletores de 50 cm de altura (Figura 4), onde foram fixados os papéis hidrossensíveis (2,45 cm x 7,6 cm, da Syngenta), em um plano horizontal, intercalados na distância de 50 metros entre os pontos de coleta.

**Figura 4 - Suportes com papéis hidros sensíveis.**



O auto propelido percorreu 50 metros estabilizando em 7 km.h<sup>-1</sup> (primeiro ponto de coleta), depois mais 50 metros enquanto estabilizava em 15 km.h<sup>-1</sup> (segundo ponto de coleta) e da mesma forma até a coleta com velocidade de 21 km.h<sup>-1</sup>, (terceira amostra), com um papel hidro sensível de cada lado da barra de pulverização distribuídos de forma casual.

Os dados coletados foram avaliados no software Gotas (EMBRAPA, 2000). Os papéis hidros sensíveis foram digitalizados e foi realizada a análise de variância (ANOVA) e em caso

de diferença estatística significativa (5%) as médias comparadas por meio do teste de Tukey pelo programa estatístico SISVAR 5.6.

### Resultados e Discussão

Na Tabela 1, apresentam-se os dados da análise estatística descritiva da vazão [ $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ ], cobertura de gotas [%] e diâmetro médio volumétrico [ $\mu\text{m}$ ], obtidos em três velocidades de aplicação, com duas tecnologias de aplicação.

Observou-se a tendência da tecnologia ExactApply™, com a pulsação de 30 Hz, proporcionar distribuições vazão [ $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ ], cobertura (%) e diâmetro mediano volumétrico (DMV) com no máximo 3% de desvio padrão nas três velocidades analisadas, enquanto as mesmas pontas utilizadas sem a ação da pulsação atingiram coeficiente de variação na vazão de 22% na velocidade e de 16% para a velocidade de aplicação de  $21\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Salienta-se que, para a esta combinação vazão e velocidade, a ponta em questão não é indicada para uso de modo convencional, porém, evidencia-se que o método de pulsação permitiu velocidade bem superior ao adequado para esta ponta mantendo as características desejadas com baixa variação

**Tabela 1** - Estatística descritiva dos indicadores avaliados na coleta dos dados.

Sistema		Vazão ( $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ )			Cobertura (%)			DMV( $\mu\text{m}$ )		
		Velocidade (Km/h)								
		7	15	21	7	15	21	7	15	21
Convencional	Média	148	86	27	22	15	6	617	440	356
	DP	8	1	6	1	0	1	25	9	21
	C.V(%)	6	1	22	6	0	16	4	2	6
	Mín	141	85	23	20	15	5	592	429	334
	Máx	159	87	35	23	15	7	643	450	378
ExactApply	Média	102	107	104	17	18	18	506	490	465
	DP	1	2	2	0	0	0	13	14	15
	C.V(%)	1	2	2	0	0	0	3	3	3
	Mín	101	105	103	16	17	17	490	486	450
	Máx	102	109	107	17	18	18	522	495	481

O programa Gotas estimou para o sistema convencional médias de vazão variando em torno de  $148\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$  ( $v=7\text{ km/h}$ ) até  $27\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$  ( $v=21\text{ km/h}$ ), sendo que nesta última o maior coeficiente de variação (22%), fora das faixas considerada admissível ( $CV=10\%$ ) segundo PIMENTEL-GOMES, 1985. Esta ponta tem como indicativo de faixa ideal de trabalho velocidades de 10 a  $14\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Para  $21\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ , produz gotas classificadas como finas, que são

extremamente susceptíveis à deriva, evaporação ou serem arrastadas pela inversão térmica. Na tecnologia ExactApply™ estas discrepâncias não foram evidenciadas para a mesma ponta, pois com o módulo de frequência de pulsação a pressão de trabalho é fixa e proporciona tamanho da gota constante, possibilitando maior faixa de velocidade com qualidade na aplicação.

Já para porcentagem de cobertura o sistema convencional apresentou médias de 4% ( $v=7$  km/h) até 6. % ( $v=21$  km/h), sendo que nesta última, seu maior coeficiente de variação. Isto evidencia que esta ponta operada pelo sistema ExactApply™ (30 Hz), estende sua faixa de trabalho para atuar com qualidade até os  $21\text{km.h}^{-1}$ . O aumento da velocidade obriga ao aumento da pressão do sistema convencional enquanto o controle por pulsação na tecnologia ExactApply™ utilizada, permite variação com coeficientes próximos de zero.

Para o diâmetro mediano volumétrico (DMV), os dados do software Gotas apresentam valores do desvio padrão da aplicação convencional de 25% ( $v = 7\text{km.h}^{-1}$ ) e de 21% ( $v = 21\text{km.h}^{-1}$ ), com coeficiente de variação entre 4 e 6% dentro das faixas consideradas admissíveis  $CV=10\%$  (PIMENTEL-GOMES, 1985), enquanto a faixa de  $v = 15 \text{ km.h}^{-1}$  apresentou  $CV=2\%$ , evidenciando que originalmente o fabricante da ponta apresenta em seus dados técnicos indicação de faixa de trabalho em torno de  $12 \text{ km.h}^{-1}$  como sugestão de funcionamento. Para a tecnologia ExactApply™ o software Gotas determinou valores do desvio padrão de 13% ( $v = 7\text{km.h}^{-1}$ ), 14% ( $v = 15\text{km.h}^{-1}$ ), de 15% ( $v = 21\text{km.h}^{-1}$ ), com coeficiente de variação em 3%, mantendo assim uma pulverização sem grandes variações para o DMV.

A Tabela 2 apresenta a análise de variância para a vazão, cobertura de aplicação e diâmetro mediano volumétrico das gotas, em função de três diferentes velocidades de aplicação.

**Tabela 2** - Coleta em papeis hidrossensíveis, obtido em diferentes velocidades de aplicação em um plano horizontal

SISTEMA	7 km.h <sup>-1</sup>	15 km.h <sup>-1</sup>	21 km.h <sup>-1</sup>
	Vazão (l. há <sup>-1</sup> )		
Convencional	148 bB	86 Ba	27 bC
ExactApply™	102 aA	107 aA	104 aA
Cobertura de aplicação (%)			
Convencional	22 bA	15 bB	6 bC
ExactApply™	17 aA	18 aA	18 aA
Diâmetro médio volumétrico (µm)			
Convencional	617 bA	440 bB	356 bC
ExactApply™	506 aA	490 aA	465 aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Comparando-se os dois sistemas de aplicação, a vazão, a cobertura de aplicação e o diâmetro mediano volumétrico mantiveram-se estatisticamente constante (5% de significância)

para todas as velocidades avaliadas a o sistema ExactApply™ (Tabela 2), enquanto para a convencional, diferiu para as 3 velocidades abordadas. A vazão ficou maior em aproximadamente 50% na velocidade menor, abaixo da vazão pretendida em torno de 14% para velocidade de 15 km.h<sup>-1</sup>, e muito abaixo (27 l.ha<sup>-1</sup>) para velocidade de 21 km.h<sup>-1</sup>, em relação aos (100. l.ha<sup>-1</sup>) aplicados. Nas três velocidades, a tecnologia convencional variou de excesso à falta de produto aplicado, à medida que a velocidade aumentava. Isto também foi evidenciado no DMV, que à medida que a velocidade aumentou, o diâmetro significativamente foi diminuindo. Observa-se que o processo de medição por papel hidro sensível apresenta distorções do DMV, pois gotas com diâmetro menor, ao se depararem com o papel hidro sensível, alastram-se deixando marcas maiores do que o seu diâmetro realmente é, e conseqüentemente, o seu volume também fica calculado de forma exagerada. Nas três diferentes velocidades utilizadas nas aplicações convencionais a cobertura variou de 22% em 7 km.h<sup>-1</sup>, 15% 15 km.h<sup>-1</sup> e 6% em 21 km.h<sup>-1</sup>, sobre os papéis hidros sensíveis. Provavelmente e segundo o catálogo da ponta, em velocidades maiores produz gotas finas e extrafinas, na maioria das vezes, que geram boa cobertura superficial, mas podem sofrer deriva, evaporação ou serem arrastadas pela inversão térmica (WOMAC, 1999), não atingindo o alvo. Observou-se que, para a tecnologia ExactApply™, a cobertura se manteve entre 17% na faixa menor e 18% na faixa maior de velocidade, independentemente das 3 variações das velocidades o sistema de pulsação (30 Hz), conseguiu manter uma pressão constante, dessa forma o conjunto de gotas distribuídas é mais uniforme proporcionando melhor cobertura sobre a cultura.

### **Conclusão**

A tecnologia de aplicação ExactApply™ em modo 30 Hertz, teve desempenho superior as aplicações convencionais, independentemente das velocidades que foram utilizadas no experimento.

Como trabalhos futuros se propõe repetir o experimento incluindo as velocidades específicas que a ponta convencional garante o espectro de gotas, por exemplo, trabalhado em regime convencional, para avaliar a quantia realmente perdida da aplicação. Sugere-se também testes com toda a tecnologia disponível, por exemplo, a troca de pontas em tempo real (pelo giro da torre de pontas), ou outras faixas de pulsação.

## Referências

- ANDEF – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL COGAP – COMITÊ DE BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS (Manual de tecnologia de aplicação/ANDEF – associação Nacional de Defesa Vegetal. — Campinas. São Paulo: Linea Creativa, 2004.).
- CONCEIÇÃO, M.Z.; SANTIAGO, T. Segurança no manuseio e na aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L. **Produção integrada de fruteiras tropicais**. Vicosa: UFV, 2003. p.313-330.
- CROSS, J.V.; WALKLATE, P.J.; MURRAY, R.A.; RICHARDSON, G.M. **Spray deposits and losses in different sized apple trees from an axial fan orchard sprayer: 2. Effects of spray quality**. Crop Protection, v.20, p.333-343, 2001.
- CUNHA, J.P.A.R. da; COELHO, L.; ARAÚJO, R.G.C. Spray nozzle and adjuvant effects on fungicidal control of soybean Asian rust. **Interciência**, v.35, p.765-768, 2010.
- CUNHA, J. P. A. R. et al. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 03, p. 366-372, 2010.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1107206/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>>. Acesso em 15 set. 2021
- EMBRAPA. Programa de Calibração de Pulverização – Gotas. Embrapa Meio Ambiente. 2000. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1421/gotas---programa-de-calibracao-de-pulverizacao---gotas>>. Acesso em 03 set. 2021
- MANUAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS. **Tecnologia de Aplicação Produtos Fitossanitários**, CAMPINAS SP, ano 10, v. 1, n. CDD: 630.2, ed. 1, p. 52, 2010. Disponível em: <<http://www.lpv.esalq.usp.br/sites/default/files/Leitura%20%20Manual%20Tecnologia%20de%20Aplicacao.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2021.
- MATTHEWS, G.A. **The application of chemicals for plant disease control**. In: WALLER, J.M.; LENNÉ, J.M.; WALLER, S.J. **Plant pathologist's pocketbook**. London: CAB, 2002. p.345-53.
- MILLER, P. C. H.; Butler-ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protec.**, v. 19, n. 8, p. 609-615, 2000.
- NUYTTENS, D. et al Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers: part 1: meteorological conditions. **Aspects of Applied Biology**, v. 77, n. 01, p. 01-08, 2006.
- PIMENTEL-GOMES, F. **O índice de variação: um substituto vantajoso do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1991. 4p. (Circular técnica, 178).
- RAMOS, H.H. **Pulverização de produtos fitossanitários**. Cultivar máquinas, v.1, n.1 (caderno técnico), 2001. 12 p.
- ROCHA ANTUNIASSI, ULISSES *et al.* **ENTENDENDO A TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO**. CDD 23.ED. (632.940284). ed. rev. e atual. BOTUCATU SP: FEPAF, 2017. 52 p. v. 1.

SANTOS, J.M. F. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Instituto Biológico, 2002. 62p.

SOUZA, R.T.; PALLADIN, L.A.; VELINI, E.D.; KAMINSKI, V.; BRAUN, S. **Pulverização eletrostática**. *Cultivar*, n. 21, p.1-10, 2003. (Caderno técnico, máquinas).

SOUZA, Reginaldo.; CASTRO, Rogério.; PALLADINI, Luiz. **Depósito de pulverização com diferentes padrões de gotas em aplicações na cultura do algodoeiro**. *SciElo*. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162007000200011](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000200011)>. Acesso 08 abr. 2021

TSAI, M. et al The Washington aerial spray drift study: modeling pesticide spray drift deposition from an aerial application. **Atmospheric Environment**, v. 39, n. 33, p. 6194-6203, 2005.

WOMAC, A.R.; MAYNARD II, R.A.; KIRK, I.W. Measurement variations in reference sprays for nozzle classification. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.42, n.3, p.609-616, 1999.