



AVALIAÇÃO DE SOFTWARES PARA ANÁLISE DE PARÂMETROS DA PULVERIZAÇÃO REALIZADA SOBRE PAPÉIS HIDROSSENSÍVEIS¹

Luiz Cláudio Garcia², Hamilton H. Ramos³, Altair Justino⁴

Recebido para publicação em 18/02/2002

Aprovado para publicação em 28/03/2004

RESUMO: No processo de avaliação das pulverizações, além de uma amostragem adequada, é necessário que as análises dos resultados obtidos sejam precisas. Tais análises, entretanto, são, na mais das vezes, trabalhosas, razão pela qual softwares com esta finalidade têm sido desenvolvidos. Porém, os referidos softwares necessitam ser validados para que os resultados obtidos sejam realmente representativos. O presente trabalho teve por objetivo avaliar 2 softwares para análise de parâmetros da pulverização realizada sobre papéis hidrossensíveis. Para isso utilizaram-se bicos dimensionados para produção de gotas entre as classes muito fina a fina, fina a média, média a grossa e grossa a muito grossa. Distanciou-se a ponta do alvo em 40, 60 e 80 cm para obtenção de diferentes níveis de cobertura. Utilizou-se, também, um dispositivo para restringir a exposição do papel hidrossensível às gotas e facilitar a interpretação das informações colhidas. Foram realizados e avaliados 12 tratamentos, constituídos pela interação entre 4 bicos e 3 alturas do alvo, com 3 repetições. Os dados de densidade de gotas, área coberta pelas gotas, Diâmetro Mediano Numérico (DMN) e Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), foram comparados entre resultados obtidos de forma convencional e através dos softwares. Os softwares apresentaram resultados distintos daqueles obtidos com análise visual para análise de parâmetros da pulverização realizada sobre papéis hidrossensíveis. São sugeridos ajustes para que eles possam ser utilizados com maior confiabilidade.

Palavras-chave: cobertura, DMN, DMV.

EVALUATION OF SOFTWARE FOR ANALYSIS OF SPRAYING PARAMETERS CARRIED OVER WATER-SENSITIVE PAPERS

ABSTRACT: The sprayings evaluation, besides a sampling adjustment also needs a precise analysis of the results. However, it is cause time consumption, stimulating development of software to make this process. Related software need to be validated to generate representative results. The objective of present work was to evaluate two softwares for analysis of spraying parameters carried over

¹ Apoio financeiro da MÁQUINAS AGRÍCOLAS JACTO S.A.

² Mestrando em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas – Universidade Estadual Paulista de Botucatu – Rua Senador Pinheiro Machado, 752, CEP: 84010-310, Ponta Grossa – PR, e-mail: luizclaudiogarcia@bol.com.br.

³ Pesquisador Científico, Instituto Agrônômico – Centro de Engenharia Agrícola, Rod. D. Gabriel Paulino Bueno Couto, km 65, CP 26, CEP 13201-970, Jundiá – SP, e-mail: hramos@dea.iac.br, Fone: (11) 4582-8155.

⁴ Prof. Dr., Departamento de Solos e Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Ponta Grossa – Praça Santos Andrade, s/n, CEP: 84010-790, Ponta Grossa – PR, e-mail: ajustino@uepg.br, Fone: (42) 220-3340.

water-sensitive papers. The used nozzles were designed for drops production among the classes: very fine to fine; fine to medium; medium to thick and thick to very thick. The nozzles were moved away of the target in 40, 60 and 80 cm for attainment different levels of covering. A device was used to restrict the exposition of water-sensitive paper to the drops and also to facilitate the interpretation of the acquired data. Therefore, it was carried and evaluated 12 treatments, consisting of the interaction between 4 nozzles and 3 target heights, with 3 replications. Data of drops density, drops covered area, Numerical Medium Diameter (NMD) and Volumetric Medium Diameter (VMD), calculated by conventional form and through software were compared. Both softwares presented bad results when compared with visual analysis of spraying parameters over water-sensitive papers. Adjustments are suggested so they can be used with reliability.

Keywords: *coverage, NMD, VMD*

1 INTRODUÇÃO

Tecnologia consiste na aplicação dos conhecimentos científicos a um determinado processo produtivo. Portanto, entende-se por tecnologia de aplicação de agrotóxicos o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas (Matuo, 1987 e Ramos, 2000). Porém, apesar da utilização de agrotóxicos ter crescido geometricamente, movimentando em 2000, segundo o SINDAG (2001), US\$ 2,5 bilhões somente no Brasil, as técnicas de aplicação não diferem significativamente, hoje, daquelas praticadas há 100 anos e se caracterizam por um considerável desperdício de energia, recursos e produtos químicos (Matthews, 1999). Tal lentidão no avanço tecnológico pode ser atribuída à complexidade do processo, que é de natureza multidisciplinar, envolvendo conhecimentos nas áreas de biologia, comércio, ecologia, economia, engenharia (agrônoma, agrícola e mecânica), física, medicina, meteorologia e química. Há, portanto, uma eminente necessidade de aperfeiçoar tais técnicas, já que se usadas erroneamente, podem baixar a eficácia da operação, aumentar a pressão de seleção sobre os organismos e contaminar o meio ambiente. Assim, mecanismos que possam quantificar e qualificar as variáveis envolvidas na pulverização, com rapidez e precisão, buscando agilizar o mencionado processo de desenvolvimento, são cada vez mais necessários.

No estudo da pulverização, parâmetros como área coberta, densidade, amplitude relativa e potencial de deriva e evaporação, podem ser avaliados. Para qualquer análise, entretanto, a primeira providência é coletar amostras das

gotas. Para tanto, deve-se ter uma superfície suscetível de ser marcada, seja através de formação de manchas, crateras ou outro fenômeno visível. Dentre as várias técnicas existentes para este fim, a utilização de papel hidrossensível é, hoje, a mais empregada, devido à sua praticidade (Ramos, 2000).

Atualmente, a informática pode ser considerada como mais um segmento incorporado à natureza multidisciplinar da pulverização, na busca da melhoria na qualidade das avaliações. Com ela busca-se obter rapidez, dinamismo e precisão nas avaliações dos dados obtidos no processo de pulverização; daí a importância do desenvolvimento de softwares para análise dos papéis hidrossensíveis, utilizados como amostradores. Entretanto, para que possam ser utilizados de forma científica e confiável a comparação de tais ferramentas com técnicas tradicionais de determinação, normalmente mais trabalhosas e demoradas, deve ser realizada buscando acurar os resultados obtidos. O presente trabalho teve por objetivo avaliar 2 softwares para análise de parâmetros da pulverização realizada sobre papéis hidrossensíveis.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para análise dos softwares, adotaram-se as pontas indicadas pelo padrão de referência da Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (1998), para produção de gotas muito finas a muito grossas, conforme demonstrado na Tabela 1. Todas as pontas selecionadas para utilização no ensaio foram previamente avaliadas com relação à uniformidade de vazão em relação ao proposto pela FAO (1998).

Avaliação de softwares para análise de parâmetros da pulverização sobre papéis hidrossensíveis

Como superfície de coleta das gotas, utilizou-se papel hidrossensível comercializado pela Spraying System Co.,

por ser acessível a agricultores e técnicos, padronizado e adequado para utilização com os softwares em estudo.

Tabela 01 - Pontas de referência para definição das classes de pulverização (FAO, 1998).

Tipos de ponta	Vazão (L.min ⁻¹)	Pressão (bar)	Classes
110 leque plano	0,48	4,5	muito fina a fina
110 leque plano	1,20	3,0	fina a média
110 leque plano	1,96	2,0	média a grossa
80 leque plano	2,92	2,5	grossa a muito grossa

Para reduzir a densidade de gotas a atingir o alvo, facilitando a individualização das mesmas nas análises, utilizou-se um dispositivo (Figura 1) composto por 2 placas de acrílico: uma fixa, inferior, com uma abertura circular de 13,1 cm de raio e outra móvel, superior, com abertura retangular de 5,0 x 25,5 cm, impulsionada por um sistema pneumático. Para coleta das gotas, o papel hidrossensível foi posicionado 20 cm abaixo das placas e as pontas de

pulverização a 20, 40 e 60 cm acima das mesmas. Após o posicionamento, o circuito hidráulico foi ligado, acionando-se, com a uniformização da pulverização, o sistema pneumático para que a placa deslizasse sob o jato. Isso fez com que o tempo de exposição do papel fosse restrito ao momento de sobreposição das aberturas das placas, limitando o número de gotas a atingir a superfície de amostragem.

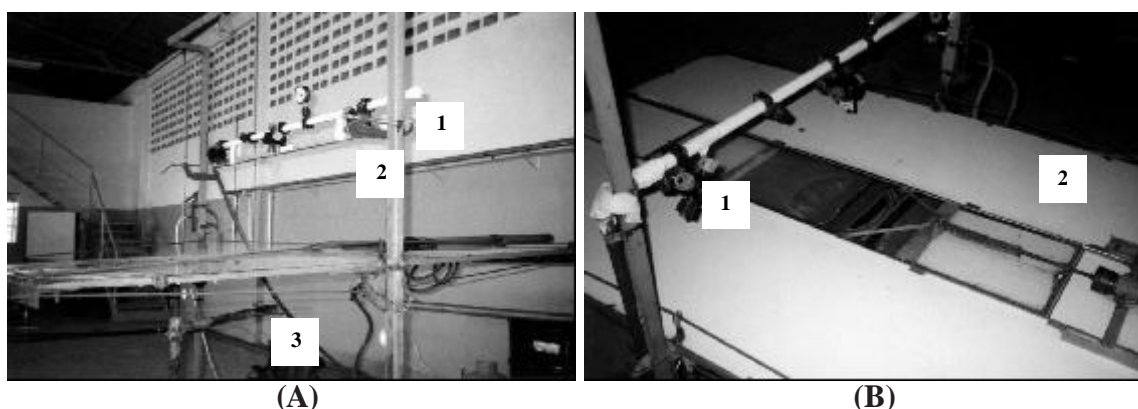


Figura 01 - Vista lateral (A) e superior (B), do dispositivo utilizado na coleta das gotas em papéis hidrossensíveis, evidenciando os sistemas de fixação de barra (1), de placas (2) e de suporte do papel hidrossensível (3).

O sistema hidráulico foi composto por uma bomba centrífuga da marca KSB, acionada por motor elétrico

de 1 HP, e equipado por manômetro com escala de 0 a 700 kPa, previamente aferido, da marca WIKA.

Tabela 02 - Pontas, vazão, pressão e distâncias do bico em relação ao alvo, utilizadas no ensaio de avaliação de softwares para análise de gotas (Jundiaí, 2001).

Tipos de ponta	Vazão (L.min ⁻¹)	Pressão (bar)	Distância entre bico e alvo
SF11001	0,50	4,5	40, 60 e 80 cm
SF11003	1,19	3,0	40, 60 e 80 cm
SF11006	1,96	2,0	40, 60 e 80 cm
SF8008	2,91	2,5	40, 60 e 80 cm

A pulverização foi realizada em 21 de agosto de 2001, das 8:10 às 9:30 horas, no laboratório de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos do Centro de Engenharia Agrícola – CEA do Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, em Jundiaí – SP. Nesse período, a temperatura variou de 19 a 22 °C, com umidade relativa entre 72 e 65%, permanecendo dentro dos limites de variação aceitáveis pela FAO (1998), que são de 10 a 25 °C e acima de 50 % de umidade relativa.

Após a pulverização, os papéis hidrossensíveis foram coletados e digitalizados em “scanner” da marca Genius Color Page SP2X, com autocontraste, 24 bits de cor, resolução de 600 dpi e salvos em arquivos tipo bmp; conforme recomendações dos fabricantes dos softwares. A seguir, procedeu-se a análise, sem fator de espalhamento, dos papéis hidrossensíveis utilizando-se os softwares “conta-gotas” (Favero et al., 2001), criado pela Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, e “e-Sprinkle”, desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa e comercializado pela Ablevision, baseado no trabalho de Cruvinel et al. (1999).

A densidade de gotas foi avaliada de forma visual, utilizando-se as ferramentas presentes no aplicativo “Photo Impact SE”. Separou-se 1 cm² na borda superior esquerda da imagem digitalizada, que, após ser salva em arquivo a parte, foi analisada com o auxílio da ferramenta “Eraser Tool”. O mesmo arquivo foi examinado pelo “conta-gotas”, enquanto o “e-Sprinkle” fez a avaliação direta da imagem original na mesma área, já que não permitiu o processamento no arquivo criado para este fim.

Para determinação visual da área coberta pelas gotas adotou-se a rotina de análise no programa computacional “Idrisi for Windows / Version 2”, desenvolvida por Firveda et al. (2001), como padrão para confrontação com os resultados obtidos pelos softwares. Em um sistema de análise de imagens, cada cor corresponde a um limiar representado por um número. O filtro é definido por um número (limiar) que indica ao sistema quais cores correspondem a gotas e quais correspondem ao fundo. Sua determinação de forma incorreta, portanto, pode interferir significativamente nos resultados obtidos. No “Idrisi” as imagens foram analisadas na paleta de cores “Color Composite 256” e reclassificadas segundo os filtros: classe 1 (onde cores de 0 a 100 correspondiam a gotas e de 101 a 256 a fundo) e classe 2 (onde gotas e fundo correspondem às faixas de 0 a 90 e 91 a 256, respecti-

vamente). Tais filtros foram definidos comparando-se visualmente as imagens real e resultante. Foi necessária a utilização de mais de um filtro, em função das diferentes tonalidades de azul proporcionadas pelos diferentes tamanhos de gotas.

Nas avaliações, a seleção do filtro para as imagens durante a análise do software “e-Sprinkle” foi realizada automaticamente. Para o “conta-gotas” a mencionada seleção foi realizada de forma visual pelo avaliador. Uma vez selecionado, esse filtro foi utilizado para todas as avaliações com a mesma imagem.

Como padrão para determinação do tamanho de gotas, cada papel hidrossensível teve 500 de suas manchas medidas (totalizando 18.000), através de um microscópio OLYMPUS BH, utilizando objetiva de 4x e ocular de 20x, munida de retículo. Com as manchas ordenadas de forma crescente e corrigidas em função do aumento proporcionado pelo sistema óptico, calculou-se a porcentagem acumulada de número e volume por classe de tamanho. Os dados, assim obtidos, foram submetidos à análise de regressão pelo “Programa Computacional para Ajuste de Equações em Dados Experimentais” da CEPAGRI - UNICAMP, tendo-se utilizado as equações obtidas para estimativa do Diâmetro Mediano Numérico (DMN) e Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV).

Portanto foram realizados e avaliados 12 tratamentos, constituídos pela interação entre 4 classes de pulverização e 3 alturas do alvo, repetidos 3 vezes, totalizando 36 amostras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante as análises, observaram-se possíveis alterações em ambos os softwares, que se realizadas, facilitariam ou ampliariam sua utilização. No “conta-gotas”, propõe-se incluir um sistema de seleção de filtragem automática. A afirmação se baseia no fato de que a referida seleção, realizada por diferentes usuários, pode acarretar significativas distorções nos resultados de uma mesma amostra. Aconselha-se, ainda, a substituição do que o software chama de “espectro de gotas”, por “r”, que é o coeficiente de dispersão, resultante da divisão do DMV pelo DMN. Além disso, poderiam ser incorporadas ao software várias informações que auxiliariam na análise dos resultados, tais como o diâmetro de 10 e 90% do volume acumulado, valor do Span⁵, maior e menor gota analisada, coeficiente

⁵ (D90-D10)/DMV

de variação dos diâmetros e gráfico da média da distribuição de gotas da análise. No “e-Sprinkle”, o sistema de delimitação da área de análise deveria ser invertido. Deste modo, demarcar-se-ia, exclusivamente, a extensão indesejável, realizando a análise na área não selecionada, proporcionando dinamismo ao processo.

Pela avaliação da densidade de gotas, a variação dos resultados apresentados pelos softwares em relação à contagem visual no “Photo Impact” foi ampla (Tabela 3). No “conta-gotas”, o erro tendeu a ser inversamente proporcional ao tamanho de gotas, ou seja, quanto menor o diâmetro, maior o erro associado à análise. Com relação à concentração de gotas, quanto mais se aproximou a ponta do alvo, maior a densidade de gotas obtidas e, geralmente, maior o erro. No “e-Sprinkle”, o erro tendeu a aumentar com o tamanho de gotas e não apresentou uma relação lógica com a concentração de gotas.

Quando da análise dos resultados obtidos com a ponta SF11003 a 40 cm do alvo, observou-se que, com o mesmo filtro, o “conta-gotas” apresentou uma variação em relação à leitura visual, entre 14,33 e 212,70%, evidenciando a necessidade da incorporação de um sistema automático de seleção neste software, minimizando a possibilidade de erros introduzidos pelo usuário. Importante mencionar, também, que a área limitada como 1

cm², quando da análise por esse mesmo software, apresentou como resultado uma leitura de superfície 3 vezes superior. Esta deformidade apresentada pode estar associada à resolução de obtenção na imagem, pois foram utilizadas imagens de 600 dpi e o software recomenda imagens com resolução de 300 dpi. Já para o “e-Sprinkle”, esse problema não foi observado, estando as áreas delimitadas e calculadas muito próximas.

No que se refere à área coberta pelas gotas em toda extensão do papel hidrossensível, outro importante parâmetro de avaliação da pulverização, as variações encontradas também foram bastante amplas, como se pode observar na Tabela 4.

Ambos os softwares mostraram diferenças, com relação ao padrão “Idrisi”, inversamente proporcionais ao tamanho das gotas; sendo esta variação inferior para o “conta-gotas”. O “e-Sprinkle” demonstrou diferenças elevadas, sendo que, neste caso, tais diferenças parecem estar relacionadas à seleção do filtro. Nota-se, na Tabela 4, que nas situações em que se optou pelo filtro “classe 2”, as variações dos resultados entre o “Idrisi” e o “e-Sprinkle” tenderam a ser sensivelmente menores em comparação com as variações obtidas quando da utilização da “classe 1”. Entretanto, nesses casos, a reclassificação segundo o filtro “classe 2” não proporcionou resultados condizentes com a amostra original.

Tabela 03 - Variação do número de gotas.cm⁻² sobre papel hidrossensível, avaliado de forma visual e através de 2 softwares para análise de gotas (Jundiaí, 2001).

Ponta	Distância do Alvo (cm)	Repetição	Visual	conta-gotas		e-Sprinkle		Variação em relação à Visual (%)	
				nº gotas	filtro	nº gotas	filtro	conta-gotas	e-Sprinkle
SF11001	40	1	263	428	205	175	228	62,74	-33.46
		2	285	379	254	205	228	32,98	-28.07
		3	299	563	254	221	228	88,29	-26.09
		MÉDIA		282	457		200	61,34	29.21
	60	1	149	476	254	96	220	219,46	-35.57
		2	184	499	254	156	220	171,20	-15.22
		3	147	472	235	118	211	221,09	-19.73
		MÉDIA		160	482		123	203,92	23.51
	80	1	52	422	240	35	⁽¹⁾ 212	711,54	-32.69
		2	68	409	225	25	⁽¹⁾ 132	501,47	-63.24
		3	51	253	230	58	246	396,08	13.73
		MÉDIA		57	361		39	536,4	36.55
	MÉDIA		166	433		121	267,21	29.75	
SF11003	40	1	63	197	200	20	172	212,70	-68.25
		2	314	359	200	196	220	14,33	-37.58
		3	263	359	200	215	246	36,50	-18.25
		MÉDIA		213	305		144	87,84	41.36
	60	1	77	306	220	53	140	297,40	-31.17
		2	81	241	240	62	140	197,53	-23.46
		3	179	140	254	77	140	-21,79	-56.98
		MÉDIA		112	229		64	172,242	37.20
	80	1	103	219	235	123	237	112,62	19.42
		2	51	196	200	61	246	284,31	19.61
		3	95	315	235	43	140	231,58	-54.74
		MÉDIA		83	243		76	209,50	18.31
	MÉDIA		136	259		94	156,53	32.29	
SF11006	40	1	135	279	225	174	246	106,67	28.89
		2	113	262	225	100	237	131,86	-11.50
		3	163	261	200	156	237	60,12	-4.29
		MÉDIA		137	267		143	99,55	7.23
	60	1	43	256	245	157	246	495,35	265.12
		2	83	419	245	112	237	404,82	34.94
		3	121	427	225	32	140	252,89	-73.55
		MÉDIA		82	367		100	384,35	124.54
	80	1	129	180	254	81	140	39,53	-37.21
		2	103	324	254	53	140	214,56	-48.54
		3	71	113	254	36	140	59,15	-49.30
		MÉDIA		101	206		57	104,42	45.02
	MÉDIA		107	280		100	196,11	58.93	
SF8008	40	1	217	252	254	181	211	16,13	-16.59
		2	297	111	254	235	211	-62,63	-20.88
		3	177	268	254	177	211	51,41	0.00
		MÉDIA		230	210		198	43,39	12.49
	60	1	202	553	225	182	228	173,76	-9.90
		2	188	468	254	45	140	148,94	-76.06
		3	192	328	254	50	140	70,83	-73.96
		MÉDIA		194	450		92	131,18	53.31
	80	1	151	91	254	57	132	-39,74	-62.25
		2	163	154	254	58	140	-5,52	-64.42
		3	147	119	254	77	132	-19,05	-47.62
		MÉDIA		154	121		64	21,43	58.10
	MÉDIA		193	260		118	65,33	41.30	

⁽¹⁾ Calibração definida pelo usuário por falta da determinação da mesma pelo software.

Tabela 04 - Variação da porcentagem de área coberta pela pulverização sobre papel hidrossensível determinada pelo “Idrisi” em comparação com 2 softwares para análise de gotas (Jundiaí, 2001).

Ponta	Distância do Alvo (cm)	Repetição	Gota	Fundo	Seleção	Área Idrisi	Área conta-gotas	Área e-Sprinkle	Variação em relação ao Idrisi (%)	
									conta-gotas	e-Sprinkle
SF11001	40	1	44985	930255	classe 1 ⁽¹⁾	4,61	11,00	37,72	138,47	729,66
		2	48593	926647	classe 1	4,98	8,00	31,06	60,56	528,18
		3	58478	916762	classe 1	6,00	12,00	41,03	100,12	792,22
		MÉDIA				5,20	10,33	36,60	99,72	683,35
	60	1	98506	876734	classe 1	10,10	12,00	41,21	18,80	315,81
		2	97434	877806	classe 1	9,99	14,00	41,95	40,13	301,37
		3	113425	861825	classe 1	11,63	10,00	34,86	-14,02	188,90
		MÉDIA				10,57	12,00	39,35	24,32	268,69
	80	1	16647	958593	classe 1	1,71	4,00	15,24	134,33	150,15
		2	34172	941068	classe 1	3,50	5,00	12,16	42,70	-28,08
		3	44145	931095	classe 1	4,53	4,00	24,20	-11,63	453,44
		MÉDIA				3,25	4,33	17,20	62,89	210,56
	MÉDIA				6,34	8,89	31,05	62,31	387,54	
SF11003	40	1	19540	955700	classe 1	2,00	2,00	19,79	-0,18	21,78
		2	97756	877484	classe 1	10,02	8,00	52,53	-20,19	485,41
		3	17104	958136	classe 1	1,75	3,00	22,17	71,05	1319,18
		MÉDIA				4,59	4,33	31,50	30,47	608,79
	60	1	137416	837824	classe 2 ⁽²⁾	14,09	11,00	16,97	-21,93	18,02
		2	161670	813570	classe 2	16,58	10,00	18,02	-39,68	7,01
		3	124159	851081	classe 2	12,73	5,00	15,05	-60,73	16,25
		MÉDIA				14,47	8,67	16,68	40,78	13,76
	80	1	45071	930169	classe 1	4,62	4,00	23,15	-13,45	466,26
		2	73671	901569	classe 1	7,55	7,00	24,61	-7,34	296,34
		3	75993	899247	classe 1	7,79	6,00	6,49	-23,00	-18,01
		MÉDIA				6,66	5,67	18,08	14,59	260,20
	MÉDIA				8,57	6,22	22,09	28,62	294,25	
SF11006	40	1	35804	939436	classe 1	3,67	5,00	34,12	36,19	685,55
		2	52290	922950	classe 1	5,36	6,00	25,75	11,90	389,21
		3	42078	933162	classe 1	4,31	5,00	25,68	15,88	518,82
		MÉDIA				4,45	5,33	28,52	21,33	531,19
	60	1	61235	914005	classe 1	6,28	5,00	25,13	-20,37	472,86
		2	56531	918709	classe 1	5,80	7,00	28,83	20,76	421,51
		3	79348	895892	classe 1	8,14	8,00	7,15	-1,67	-12,61
		MÉDIA				6,74	6,67	20,37	14,27	302,33
	80	1	205887	769353	classe 2	21,11	22,00	21,86	4,21	10,22
		2	132041	843199	classe 2	13,54	20,00	14,64	47,72	5,99
		3	181099	794141	classe 2	18,57	23,00	21,26	23,86	11,96
		MÉDIA				17,74	21,67	19,25	25,26	9,39
	MÉDIA				9,64	11,22	22,71	20,29	280,97	
SF8008	40	1	185694	789546	classe 1	19,04	9,00	46,02	-52,73	138,70
		2	122915	852325	classe 1	12,60	17,00	47,87	34,88	202,45
		3	161091	814149	classe 1	16,52	11,00	40,08	-33,41	141,13
		MÉDIA				16,05	12,33	44,66	40,34	160,76
	60	1	59941	915299	classe 1	6,15	6,00	42,12	-2,38	585,62
		2	116317	858923	classe 1	11,93	12,00	7,97	0,61	-34,50
		3	178469	796771	classe 1	18,30	13,00	13,55	-28,96	-27,16
		MÉDIA				12,12	10,33	21,21	10,65	215,76
	80	1	264000	711240	classe 2	27,07	26,00	28,58	-3,95	6,94
		2	145417	829823	classe 2	14,91	16,00	16,92	7,30	60,02
		3	258215	717025	classe 2	26,48	24,00	28,08	-9,36	-5,31
		MÉDIA				22,82	22,00	24,53	6,87	24,09
	MÉDIA				17,00	14,89	30,13	19,29	133,54	

⁽¹⁾ Refere-se à seleção de 0 a 100 para gotas e 101 a 256 para o fundo, no “Idrisi”.

⁽²⁾ Representa a seleção de 0 a 90 para gotas e 91 a 256 para o fundo, no “Idrisi”.

Parece simples a análise de imagens digitalizadas de papéis amarelos com manchas azuis, causadas pelas gotas, porém, com o auxílio do “Idrisi”, foi possível identificar aproximadamente 90 tonalidades de cores entre o amarelo e o azul nas referidas imagens. Para um exame de gotas cujo tamanho é da ordem de micra, a dificuldade se eleva. De uma maneira geral, gotas mais finas tendem a proporcionar uma coloração mais clara e homogênea, gotas médias são, em geral, escuras no centro com halos levemente mais claros, e gotas grandes possuem o centro escuro com halos acentuadamente mais claros. Isso faz com que, ao se analisar uma amostra na qual os diferentes tamanhos coexistem, a consideração da cor clara como gota potencialize a dimensão das gotas maiores; por outro lado, a consideração como fundo, elimina as gotas

menores da amostra. Tomando como exemplo o papel hidrossensível apresentado na Figura 2, os valores da área coberta pelas gotas submetidas à filtragem pela classe 1 e 2 variam em 46,26%. Tal fato evidencia a importância da correta seleção do filtro na precisão dos dados obtidos. Esse talvez seja o principal ponto a ser trabalhado na adequação de ambos os softwares à rotina de análise de gotas.

Considerando-se que o diâmetro da gota é a base para os cálculos de potencial de evaporação, deriva e classe de pulverização, a precisão na determinação desses é de suma importância. Entretanto, a elevada amplitude da desigualdade entre os resultados obtidos tornou-se a repetir, também, nessa determinação (Tabela 5).

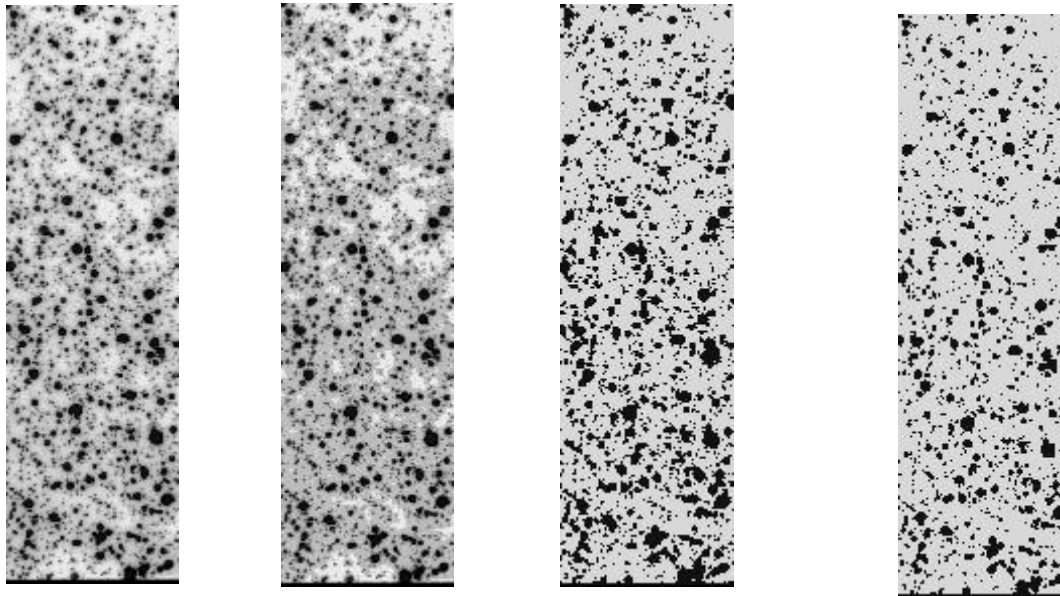


Figura 02 - Comparação visual da imagem digitalizada do papel hidrossensível obtido com a ponta SF 11003, a 60 cm do alvo, em segunda repetição, demonstrando a imagem original (A), convertida para o “Idrisi” e mostrada sob a paleta de cores “Color Composite 256” (B), reclassificadas pelos filtros classe 1 (C) e classe 2 (D) e apresentada sob a paleta de cores “Quantitative 16”.

Tabela 05 - Variação dos resultados do Diâmetro Mediano Numérico (DMN) e Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), obtidos através do microscópio ocular, em comparação com 2 softwares para análise de gotas (Jundiaí, 2001).

Ponta	Distância do Alvo (cm)	Repetição	DMN ⁽¹⁾		DMV		conta-gotas		e-Sprinkle		Variação do DMN do microscópio (%)		Variação do DMV do microscópio (%)	
			Microscópio	Microscópio							conta-gotas	e-Sprinkle	conta-gotas	e-Sprinkle
			DMN	DMV	DMN	DMV	DMN	DMV	DMN	DMV	conta-gotas	e-Sprinkle	conta-gotas	e-Sprinkle
SF11001	40	1	105	193	128	256	169	339	21,39	60,91	32,77	76,09		
		2	113	182	128	256	169	296	12,67	49,35	40,12	62,27		
		3	104	210	128	256	169	381	22,83	62,81	21,71	81,42		
		MÉDIA		107	195	128	256	169	339	18,97	57,69	31,53	73,26	
	60	1	145	389	128	299	212	508	-12,11	46,15	-23,19	30,59		
		2	135	489	128	284	212	550	-5,44	57,24	-41,84	12,47		
		3	134	331	128	284	169	339	-4,58	26,48	-13,95	2,57		
		MÉDIA		138	403	128	289	198	466	7,37	43,29	26,32	15,21	
	80	1	145	219	95	221	127	212	-34,42	-12,52	1,23	-3,06		
		2	144	415	128	284	127	212	-11,67	-12,01	-31,40	-48,86		
		3	164	360	128	272	169	508	-22,08	3,28	-24,54	41,03		
		MÉDIA		151	331	117	259	141	311	22,72	9,27	19,06	30,99	
	MÉDIA		132	310	124	268	169	372	16,35	36,75	25,64	39,82		
SF11003	40	1	99	203	128	256	127	212	28,45	27,95	25,99	4,50		
		2	104	283	128	284	212	466	22,09	103,00	0,37	64,46		
		3	98	168	128	221	148	254	30,58	51,58	31,99	51,42		
		MÉDIA		100	218	128	254	162	311	27,04	60,84	19,45	40,13	
	60	1	169	827	128	798	169	508	-24,35	0,28	-3,48	-38,55		
		2	199	744	128	916	169	423	-36,09	-15,28	23,00	-43,18		
		3	158	599	128	916	169	402	-19,43	6,79	52,84	-32,89		
		MÉDIA		175	723	128	876	169	444	26,62	7,45	26,44	38,21	
	80	1	130	650	128	338	169	783	-1,62	30,40	-48,00	20,38		
		2	155	758	128	838	169	804	-17,63	9,19	10,56	6,09		
		3	155	678	128	376	127	296	-17,55	-17,87	-44,55	-56,37		
		MÉDIA		146	696	128	517	155	628	12,27	19,15	34,37	27,61	
	MÉDIA		141	546	128	549	162	461	21,98	29,15	26,75	35,32		
SF11006	40	1	99	492	128	239	169	381	28,94	70,91	-51,37	-22,61		
		2	113	452	128	272	169	381	12,54	49,17	-39,92	-15,78		
		3	111	435	128	272	169	296	15,12	52,60	-37,58	-32,03		
		MÉDIA		108	460	128	261	169	353	18,87	57,56	42,96	23,47	
	60	1	152	594	128	333	169	677	-15,99	11,36	-43,90	14,06		
		2	110	556	128	299	169	635	15,78	53,47	-46,23	14,27		
		3	117	692	128	367	169	339	8,76	44,16	-46,99	-51,00		
		MÉDIA		126	614	128	333	169	550	13,51	36,33	45,71	26,44	
	80	1	130	650	239	1126	169	508	84,39	30,17	73,05	-21,90		
		2	194	976	156	804	169	466	-19,28	-12,78	-17,57	-52,24		
		3	195	929	180	1010	169	550	-7,55	-13,30	8,73	-40,80		
		MÉDIA		173	852	192	980	169	508	37,08	28,12	33,12	38,31	
	MÉDIA		136	642	149	525	169	470	23,15	40,67	40,59	29,41		
SF8008	40	1	123	576	156	596	169	466	27,48	37,75	3,47	-19,16		
		2	98	342	180	394	169	339	83,78	72,36	15,25	-0,84		
		3	94	244	156	426	169	381	66,83	80,27	74,71	56,26		
		MÉDIA		105	387	164	472	169	395	59,36	63,46	31,14	25,42	
	60	1	95	259	128	272	169	508	34,04	77,67	4,89	96,05		
		2	111	570	128	284	127	339	14,68	14,23	-50,06	-40,48		
		3	119	901	128	367	127	423	6,94	6,52	-59,31	-53,06		
		MÉDIA		109	577	128	308	141	423	18,55	32,81	38,09	63,20	
	80	1	141	1255	327	1201	169	635	132,17	20,06	-4,28	-49,40		
		2	146	966	180	945	169	508	23,34	15,67	-2,14	-47,39		
		3	136	1336	180	1216	169	677	32,68	24,43	-8,97	-49,32		
		MÉDIA		141	1185	229	1121	169	607	62,73	20,06	5,13	48,70	
	MÉDIA		118	716	174	633	160	475	46,88	38,77	24,79	45,77		

⁽¹⁾ Todos os ajustes foram fundamentados em análise de regressão, com R² das curvas obtidas variando entre 0,96 e 0,99.

O “conta-gotas” demonstrou, via de regra, menores variações no DMN e DMV que o “e-Sprinkle”, mesmo assim, esta chegou a 132% para o DMN da ponta SF8008, a 80 cm do alvo em primeira repetição. Não se pode, de qualquer forma, fundamentar uma avaliação sobre qualidade da pulverização com dados variando em até 96,05%, como no caso do DMV obtido pelo “e-Sprinkle” para a ponta SF8008, a 60 cm do alvo em primeira repetição. Tais variações no tamanho, entretanto, parecem também estar ligadas ao filtro. Entre o azul intenso (alta cobertura) e o amarelo (sem cobertura), observa-se, nas bordas das gotas, uma gama de tonalidades de azul, conforme explicado anteriormente. As bordas podem ser aumentadas ou reduzidas, proporcionando variações nos diâmetros das mesmas. Como estas, normalmente, têm tamanhos bastante reduzidos, pequenas variações no diâmetro podem representar variações significativas no DMN e DMV.

As observações dos resultados obtidos para o DMN, para ambos os softwares, foram bastante anormais. Verifica-se que, enquanto para a avaliação visual os valores aumentam para um mesmo bico em função da altura, e tendem a serem uniformes para uma mesma altura com os diferentes bicos, há a tendência de uma homogeneização destes valores pela utilização dos softwares. Uma explicação lógica para esse fato não foi encontrada.

As análises executadas pelos softwares, para quantificar e qualificar o processo de pulverização, apresentaram resultados bem distintos, quando comparados aos métodos tradicionais de análise. Pode-se julgar como aceitável, principalmente em trabalhos científicos, uma variação máxima de $\pm 10\%$ em relação aos sistemas tradicionais, fato esse raramente ocorrido em todos os cálculos apresentados neste trabalho. Recomenda-se aos desenvolvedores dos softwares ajustes, principalmente em relação aos filtros, para separar a cor do fundo do cartão (amarelo) da cor das gotas (azul), ponto crítico em todo o processo de análise.

4 CONCLUSÃO

Os softwares “conta-gotas” e “e-Sprinkle” apresentaram resultados distintos dos obtidos por acuidade visual para análise de parâmetros da pulverização realizada sobre papéis hidrossensíveis. São necessários ajustes para que eles possam ser utilizados com confiabilidade.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUVINEL, P.E., VIEIRA, S.R., CRESTANA, S., MINATEL, E.R., MUCHERONI, M.L., TORRE NETO, A., Image processing in automated measurements of raindrop size and distribution. **Computers and Electronics in Agriculture**. Washington, v. 23, n.3, p. 205-217, 1999.

FAO. FAO technical standards: sprayer specifications and test procedures. In: **Agricultural Pesticide Sprayers**. Volume 2. Rome: FAO, 1988. p. 33-6.

FIRVEDA, M. C., CANTALOGO JR, A., RAMOS, H. H., LINO, A. C. L. Possibilidade de uso de software de análise de imagem na avaliação da cobertura vegetal pela pulverização. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos: Eficiência, Economia e Preservação da Saúde Humana e do Ambiente, 2, 2001. Jundiaí. **Anais...** Disponível em: http://www.iac.br/~cma/Sintag/num24a_1a.PDF. Em 11/09/2001.

FAVERO, A.L.F., GARCIA, L.C., JUSTINO, A., CANTERI, M.G., ROCHA, J.C.F. Software para análise de cartões hidrossensíveis. **Revista Brasileira de Agrocomputação**. Ponta Grossa, v. 1, n. 1, 2001. p.45 (Resumo).

MATTHEWS, G. A. **Application of pesticides to crops**. London: Imperial College Press, 1999. p. vii a xi.

MATUO, T. Enfoque multidisciplinar da tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. In: Simpósio Brasileiro Sobre Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas, 1, 1987, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 1987. p.3-11.

RAMOS, H. H. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. **Fitopatologia brasileira**. Fortaleza, v 25 (suplemento), n. 217-474, p. 275, 2000.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA (SINDAG). **Banco de dados**. Disponível em: <http://www.sindag.com.br/html/banco.php.3>. Em: 09/09/2001.