

NOTA TÉCNICA

PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA ESTIMATIVA DA UNIFORMIDADE DE GOTAS NA PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA

José Antonio Rodrigues de Souza¹, Débora Astoni Moreira², Rafael Oliveira Batista³, Daniel Coelho Ferreira⁴

RESUMO

A eficiência da pulverização no controle de plantas daninhas está relacionada com a uniformidade de aplicação de defensivos agrícolas. Existem processos que determinam a eficiência da pulverização agrícola de forma muito trabalhosa, cansativa e demorada. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um programa computacional para estimar a uniformidade de gotas na pulverização de herbicidas. Para tanto, digitalizaram-se distintas concentrações de gotas sobre papéis hidrossensíveis. Foram utilizadas matrizes de 270 x 270 pixels e os processos de limiarização e de conectividade entre os pixels. Os resultados indicaram que o programa computacional desenvolvido permite determinar a eficiência da pulverização de herbicidas de forma fácil, rápida e com baixo custo. Os resultados obtidos com esse programa computacional apresentaram alta correlação com os do software Image Tool.

Palavras chaves: eficiência de aplicação, defensivos agrícolas.

ABSTRACT

Software To Estimate The Uniformity Of Droplets In Agriculture Sprays

The efficiency of the sprays for weed control is related to the uniformity of the herbicide application. The existing methods to determine spray efficiency are very laborious, tiring and time consuming. This work was done to develop a computational program to estimate droplet uniformity in herbicide sprays. Different concentrations of droplets on a hydrosensitive paper were scanned, with the use of matrices of 270 x 270 pixel and the threshold processes and connectivity between pixels. The results of the computational program allowed for easy, rapid and low cost determination of the efficiency of herbicide sprays. The results obtain with this computational program showed high correlation with the data obtained with Image Tool software.

Keywords: efficiency of application, agricultural defensives.

Recebido para publicação em 23.07.2007

¹ Eng. Agrícola, Doutorando Eng. Agrícola, Depto. Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. E-mail: jarstecl@yahoo.com.br

² Bacharel em Química, Doutora Eng. Agrícola, Depto. Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

³ Eng. Agrícola, Doutor Eng. Agrícola, Depto. Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

⁴ Eng. Agrônomo, Mestre Eng. Agrícola, Depto. Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

INTRODUÇÃO

Na atual conjuntura da agricultura, as leis de oferta e procura estipulam os preços dos produtos agrícolas. Dessa forma, a única maneira de o produtor rural aumentar sua margem de lucro consiste na utilização de tecnologias, que proporcionem aumento na produtividade das culturas, bem como diminuição nos custos de produção. O controle de plantas daninhas corresponde a uma grande fatia no custo de produção de uma cultura. Em um campo agrícola, onde as práticas para o controle de plantas daninhas não são adotadas, as perdas na produtividade da cultura podem variar de 10 a 100% (Kropff e Laar, 1993).

Em muitos casos, devido à pulverização mal realizada, pode haver perdas significativas na produtividade das culturas, ocasionadas por reincidência da doença, pela reincidência de alguma praga ou mesmo pela falta de um controle eficiente das plantas daninhas na área (Gadanha Júnior, 2000). Assim, o monitoramento da qualidade de aplicação de defensivos agrícolas é muito importante para a eficiência do controle de fatores danosos às culturas e, conseqüentemente, para redução nos custos de produção e obtenção da produtividade almejada (Favero et al., 2000).

Dentre as várias características que influenciam a aplicação de produtos químicos via pulverização, o tamanho da gota apresenta maior influência, visto que a eficiência de aplicação do produto é verificada através da determinação da taxa de uniformidade de gotas. Esta taxa é obtida pela razão entre o valor do diâmetro mediano volumétrico (DMV) e o valor do diâmetro mediano numérico (DMN) (Pessoa e Chaim, 1999).

O método utilizado para obtenção desses valores requer que o usuário informe o número de gotas, por classes de tamanho de gotas (em micrômetros). Geralmente este dado de entrada é obtido por microscópio com um graticulo acoplado à ocular. É um processo muito desgastante para o usuário, pois, requer que seja classificado um mínimo de 200 gotas, por placa amostrada, para garantir a confiabilidade do método de classificação (Pessoa e Chaim, 1999).

Os sistemas computacionais disponíveis no mercado baseiam-se em técnicas de reconhecimento de padrões e de

processamento digital de imagens, sendo que, em sua maioria, as imagens dos papéis ou folhas com as gotas amostradas são capturadas por câmera de vídeo CCD ou por scanners, para que as imagens sejam digitalizadas para posterior análise dos padrões de deposição (Pessoa e Chaim, 1999).

Embora esses equipamentos e sistemas computacionais estejam disponíveis, muitas vezes não são de fácil acesso ao usuário, em face dos custos envolvidos em sua aquisição e utilização. Assim, quando não se pode fazer uso desses recursos computacionais, o processo de contagem de gotas e as etapas envolvidas no método de determinação do DMV e do DMN tornam-se extremamente desmotivadoras para os profissionais da área de tecnologia de aplicação, dada a grande quantidade de cálculos, bem como a necessidade de elaboração de gráficos das distribuições acumuladas de volume e número médios de gotas envolvidos, em amostragens realizadas em papéis hidrossensíveis espalhados na faixa de aplicação (Hill e Inaba, 1989). Este procedimento demanda tempo e está sujeito a erros do operador, visto que cada papel amostrado deve ser analisado e a quantidade de papéis necessários para amostragens em campo aumenta, em função da área a ser analisada. Em trabalhos realizados nos laboratórios de agronomia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, a análise de um mesmo cartão, realizada por técnicos diferentes, atingia uma diferença de até 30% no resultado final (Favero et al., 2000). Além disso, a determinação da quantidade de produto depositada é encontrada mediante análise de resíduos, efetuada em cada amostra, o que encarece a determinação da quantidade de produto, efetivamente, depositada na faixa de aplicação (Pessoa e Chaim, 1999).

A disponibilidade de programas computacionais alternativos menos sofisticados, porém mais robustos e de baixo custo, diminuiu o tempo utilizado no processo de cálculo da eficiência de aplicação do produto, além de estimular sua prática, permitindo economia de recursos, pois, com o controle correto da praga, gera-se uma produção maior, além da economia em defensivos agrícolas e proteção ao meio ambiente.

O presente trabalho teve como objetivo implementar um algoritmo computacional em MatLab, para estimar a uniformidade de gotas em pulverizadores aplicando herbicidas.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG. Utilizaram-se três papéis hidrossensíveis, pulverizados manualmente com herbicida, os quais foram digitalizados na cor cinza com resoluções de 100, 300 e 600 dpi, por meio de um scanner, conforme apresentado na Figura 1.

Para reduzir o tempo de processamento na determinação da uniformidade de pulverização, retirou-se da imagem original uma matriz de 270 x 270 pixels, de forma a reduzir o número de cálculos, mas, ao mesmo tempo, garantindo que o número de gotas obtidas fosse superior a 200 gotas por placa (Pessoa e Chaim, 1999).

Utilizou-se o processo de limiarização (segmentação por similaridade), distinguindo-se a região de interesse do plano de contraste. O algoritmo proposto determinava automaticamente, o valor do limiar ótimo “t”

(threshold), utilizando o classificador de Bayes. Por meio deste limiar, foi classificada e obtida uma nova imagem binarizada (objetos na cor preta e fundo na cor branca), da seguinte forma: os pixels com valor menor que “t” pertenciam ao segundo plano, enquanto os pixels com valor maior ou igual a “t” pertenciam à região de interesse, conforme sugerido por Gonzales (2000).

Para identificação e contagem das gotas, aplicou-se a análise da conectividade entre os pixels durante a leitura da matriz, quando se analisava a vizinhança do pixel em questão, utilizando-se o conceito de conectividade-de-4. Assim, considerava-se conectado o pixel que possuía dois ou mais vizinhos semelhantes sendo que o pixel que possuía menos de dois vizinhos semelhantes é denominado ponto terminal (Gugisch klein, 2005).

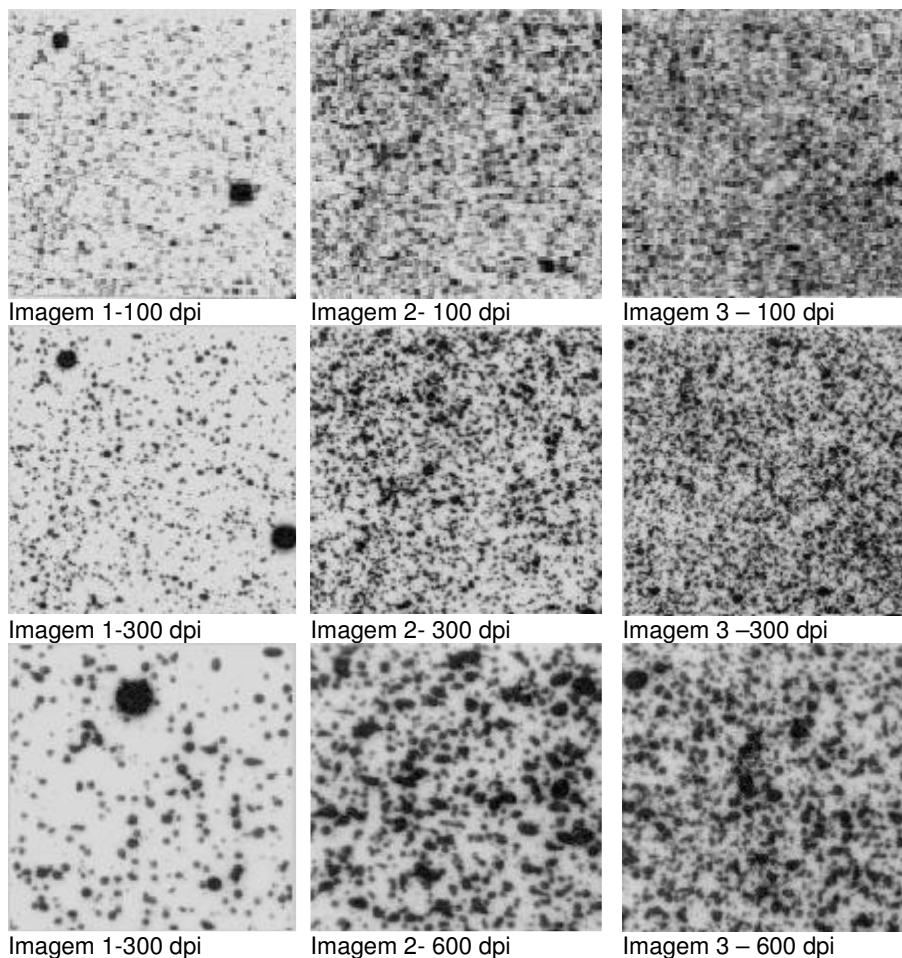


Figura 1. Imagens obtidas após pulverização manual e digitalização nas resoluções de 100, 300 e 600 dpi.

Na determinação da eficiência de pulverização, obteve-se a taxa na uniformidade de gotas, que é a razão entre o valor do diâmetro mediano volumétrico (DMV) e o valor do diâmetro mediano numérico (DMN), conforme descrito por Pessoa e Chaim (1999). A densidade de gotas foi determinada, por meio da razão entre o número de gotas encontradas e a área da imagem analisada enquanto a porcentagem de cobertura foi obtida por meio da razão entre o somatório das áreas das gotas e a área da imagem analisada.

Estabeleceu-se comparação entre os resultados do algoritmo proposto e do software Image Toolm, desenvolvido pelo Centro de Ciências da Saúde da Universidade do Texas. Este software é bastante utilizado no processo de identificação e contagem de gotas, substituindo o microscópio graticulado. No entanto, apresenta

subjetividade na definição do que é uma gota, fato que é contornado pelo método proposto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, são apresentadas as matrizes de 270 x 270 pixels e seus respectivos limiares ótimos "t". Tais matrizes resultaram da utilização do algoritmo para três papéis hidrossensíveis pulverizados com herbicida digitalizados em três resoluções para identificação e contagem das gotas. A qualidade de uma imagem limiarizada depende do valor do limiar "t". Assim, a determinação automática de um valor ótimo para "t" foi muito importante para que a imagem não sofresse uma limiarização inadequada em sua aplicação, deixando de contar alguns objetos de interesse (gotas), o que levaria a resultados finais inadequados.

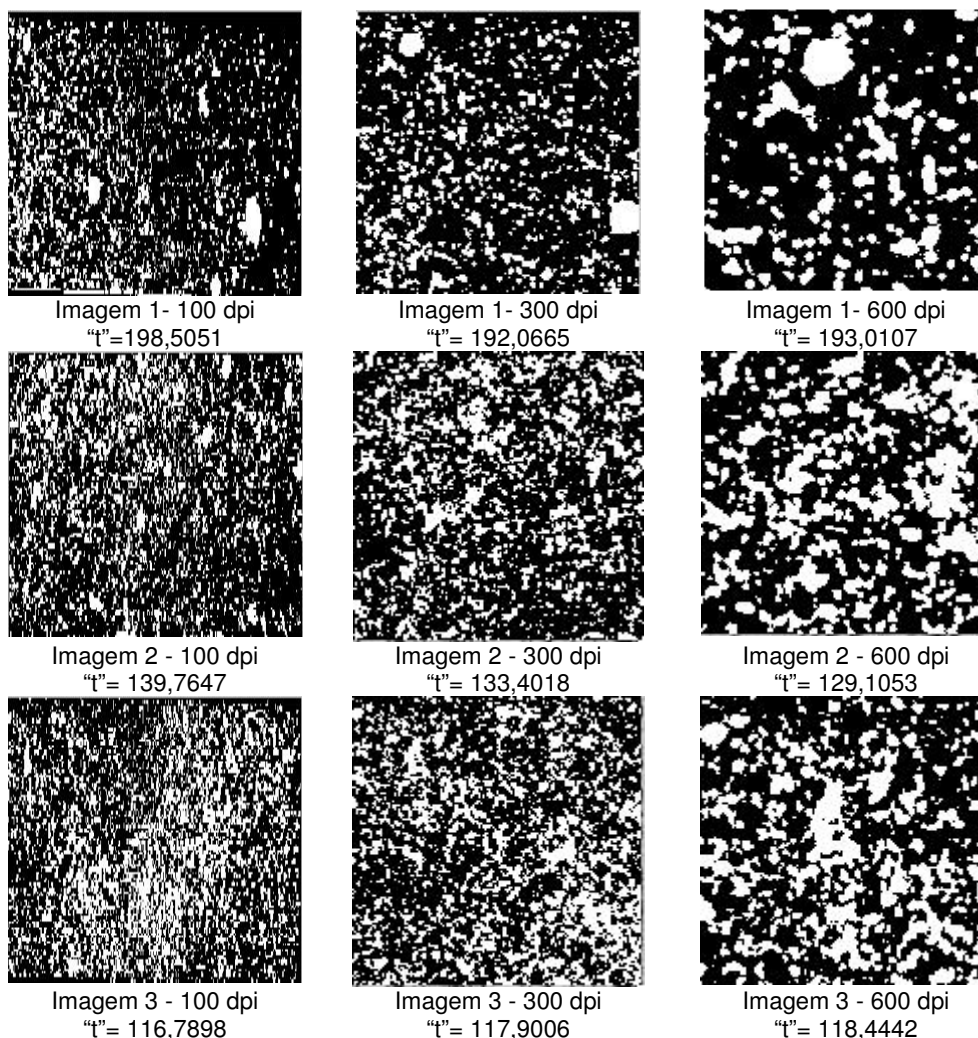


Figura 2. Matrizes 270 x 270 pixels para três cartões digitalizados em três resoluções e seus respectivos limiares ótimos "t".

A limiarização apresentou resultados satisfatórios para as imagens pois, houve uma uniformidade da iluminação devido à utilização do scanner, além da ocorrência de um contraste nítido entre as duas regiões, gotas e fundo da imagem, conforme apresentado na Figura 3.

O limiar obtido pelo classificador de Bayes pode ser considerado ótimo, uma vez que minimiza a probabilidade de erro na classificação. Sena Junior et al. (2003) avaliaram métodos automáticos de limiarização para imagens de plantas de milho atacadas por *Spodoptera frugiperda*. Obtiveram exatidão global média acima de 99%, ao utilizar o classificador de Bayes na identificação de plantas de milho atacadas pela lagarta do cartucho. Com a aplicação dos mesmos métodos, Abrahao et al. (2003) quantificaram falhas na madeira, encontrando erro médio absoluto menor que 3% em relação ao sistema convencional.

No caso dos defensivos agrícolas, a distribuição do tamanho ou do volume das gotas está, diretamente, associada à qualidade da aplicação. Em resumo, para cada tipo de defensivo (herbicida, pesticida, etc.), existe um volume de gota adequado. Se a gota for menor que esse tamanho, a probabilidade de ocorrência de perdas por deriva ou por evaporação é muito alta. Por outro lado, se a gota for muito grande, a tensão superficial do líquido proporcionará problemas de escorrimento e respingos, resultando perda de produto e contaminação do ambiente.

Após processadas as imagens, o algoritmo forneceu a área total (AT), número de gotas (N), diâmetro mediano numérico (DMN), diâmetro mediano volumétrico (DMV), coeficiente de variação do diâmetro de gotas (CV), densidade de gotas (DN) e a porcentagem de cobertura (P). Estes resultados foram comparados com os do software Image Tool, conforme apresentado no Quadro 1.

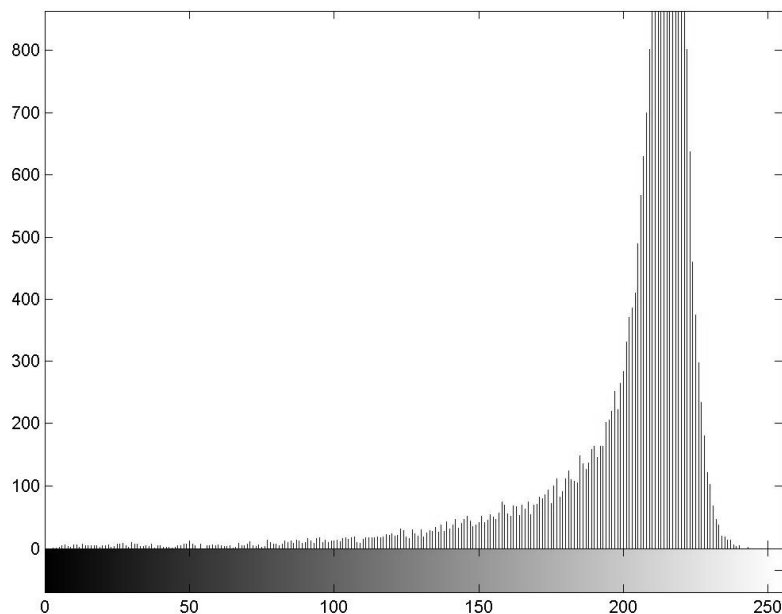


Figura 3. Histograma da Imagem 1 digitalizada na resolução 100 dpi.

Quadro 1. Comparação entre os resultados (AT, N, DMN, DMV, CV, DN e P) obtidos pelo algoritmo (AL) e o Image Tool (IT) para três imagens (IM) com três resoluções (R)

IM	R (dpi)	AL ou IT	AT (μm^2)	N	DMN (μm)	DMV (μm)	CV (%)	DN (N cm^{-2})	P (%)
1	100	IT	2.039.728.012,76	1047	0,0304	0,1359	4,4721	51,3304	20,8093
		AL	2.033.030.000,00	1055	0,0247	0,1133	4,5826	51,8930	19,5291
2		IT	1.928.914.959,88	1220	0,0248	0,1436	5,7879	63,24,80	29,5175
		AL	1.941.800.000,00	1310	0,0247	0,1377	5,5678	67,4631	29,5667
3		IT	2.033.363.757,40	1164	0,0250	0,5763	23,0760	57,2450	41,2523
		AL	2.006.190.000,00	1190	0,0247	0,4688	18,9605	59,3164	36,5513
1	300	IT	522.579.444,55	590	0,0203	0,0597	2,9439	112,9015	20,8441
		AL	522.580.000,00	632	0,0202	0,0670	3,3166	120,9385	22,5953
2		IT	524.522.119,07	711	0,0165	0,1079	6,5192	135,5520	30,7697
		AL	522.580.000,00	743	0,0175	0,0947	5,4160	142,1793	31,8793
3		IT	524.522.119,07	735	0,0145	0,1460	10,1899	140,1276	29,8072
		AL	522.580.000,00	823	0,0143	0,1609	11,2694	157,4880	36,8848
1	600	IT	131.130.568,77	185	0,0187	0,0810	4,3252	141,0808	21,9964
		AL	130.640.000,00	202	0,0189	0,0805	4,2650	154,6176	23,7160
2		IT	131.130.568,77	200	0,0143	0,0847	5,9126	152,5197	29,8882
		AL	130.640.000,00	225	0,0140	0,0869	6,2171	172,2226	36,37124
3		IT	131.130.568,77	278	0,0105	0,0986	9,3480	212,0024	31,9343
		AL	130.640.000,00	320	0,0109	0,0946	8,6726	244,9388	36,2606

A identificação da menor gota depende da resolução óptica do scanner. Quanto maior a resolução utilizada, maior será a quantidade de pontos que o scanner identificará na imagem.

No Quadro 1, observa-se que o número de gotas decresce com o aumento da resolução, mas aumenta por unidade de área. A limitação de imagens com 270 x 270 pixels reduz a área analisada com aumento da resolução, uma vez que, para a resolução de 100 dpi, a área analisada foi cerca de 20 cm^2 , enquanto para 600 dpi foi de 1,30 cm^2 .

Os resultados do algoritmo em relação aos do software Image Tool são semelhantes, com um coeficiente de correlação de Pearson de 0,988, para o parâmetro coeficiente de homogeneidade. Isso indica alto grau de associação entre os dados e que ambos os programas são sensíveis às mesmas alterações, ou seja, nas variações do número e tamanho das gotas, que são o cerne deste trabalho. Portanto, cabe ao analista avaliar o uso de um ou outro método, conforme tempo disponível e comodidade. O algoritmo proposto facilita o processo e elimina o condicionamento dos dados à subjetividade do analista.

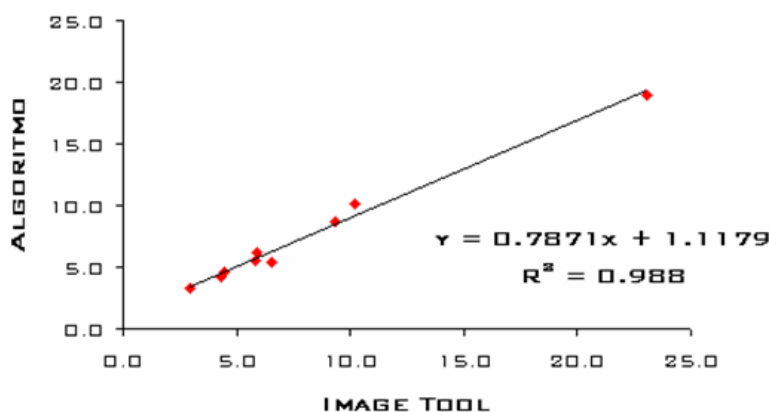


Figura 4. Relação entre os resultados obtidos com o algoritmo e o software Image Tool.

Em termos de tempo computacional, verificou-se que o algoritmo proposto reduziu, sensivelmente, o tempo de processamento e determinação dos resultados. Diferentemente do software Image Tool, o usuário sabe quais procedimentos estão sendo executados. Além da eficiência no processamento digital das imagens, as etapas seguintes para determinação da eficiência de pulverização são extremamente facilitadas, evitando os cálculos manuais e a elaboração de diversos gráficos. No algoritmo, foram considerados o fator de espalhamento das gotas nos papéis hidrossensíveis.

Com dados obtidos a partir de programas, como o que foi desenvolvido neste trabalho, é possível analisar e determinar se o defensivo atingiu seu alvo (inseto, planta, etc.). Podem-se identificar problemas relacionados ao ajuste do pulverizador como, por exemplo, bico do aspersor desajustado, bico inadequado, pressão imprópria e outros parâmetros inerentes ao processo de pulverização.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que:

- O algoritmo de limiarização automática (bayesiano) tem potencial para ser utilizado em um sistema de visão artificial, particularmente na identificação de gotas em papéis hidrossensíveis;
- Os resultados, obtidos com o algoritmo, apresentaram elevada correlação com os do software Image Tool de forma efetiva e em tempo reduzido.
- O programa é um instrumento auxiliar, robusto, de grande portabilidade computacional, potencialmente de baixo custo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, C.P.; VARELLA, C.A.A.; PINTO, F.A.C.; KHOURY JUNIOR, J.K. Quantificação da falha na madeira em juntas coladas utilizando técnicas de visão artificial. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, 2003. p. 71-78.

FAVERO, A.L.F.; ANDRADE, E.C.; GARCIA, L.C.; JUSTINO, A.; CANTERI, M.G. Tecnologia da informação aplicada ao agronegócio e as ciências ambientais: sistema para processamento de cartões hidrossensíveis. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 2000, Londrina. **Resumos...** Londrina: UEL, 2000. p.71-72.

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

GONZALEZ, R.; WOODS, R. **Processamento de Imagens Digitais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000. 509 p.

GUGISCH KLEIN, C. **Avaliação da arquitetura óssea trabecular por meio de processamento de imagem digital em radiografias panorâmicas**. Curitiba: ETFPR, 2005, 36 f. Dissertação (Mestrado em Ciências).

HILL, B.D.; INABA, D.J. Use of water-sensitive paper to monitor the deposition of aerially applied insecticides. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 82, n. 3, p. 974-980, 1989.

KROPFF, M.J.; LAAR, H.H.V. **Modeling crop-weed interactions**. Wallingford: CAB International, 1993. 275p.

PESSOA, M.C.P.Y; CHAIM, A. Programa computacional para estimativa de uniformidade de gotas de herbicidas aplicados por pulverização aérea. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 45-56, jan. 1999.

SENA JÚNIOR, D.G.; PINTO, F.A.C.; GOMIDE, R.L.; TEIXEIRA, M.M. Avaliação de métodos automáticos de limiarização para imagens de plantas de milho atacadas por *spodoptera frugiperda*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2. Campina Grande, p. 359-366, 2003.