

Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 13 (3)

March 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/1332020835>

Article link

<http://sea.ufr.edu.br/index.php?journal=SEA&page=article&p=view&path%5B%5D=835&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES.



Processamento digital da área foliar de soja, submetida a diferentes tratamentos de sementes

Digital processing of leaf area of soybeans, subjected to different treatments of seeds

M. L. V. Passos, J. B. C. Souza, E. A. Silva, C. A. A. C. Silva, W. S. Sousa, E. I. B. Almeida

Universidade Federal do Maranhão

Author for correspondence: madilolages@hotmail.com

Resumo: O processamento digital de imagem, quando aplicado ao estudo da área foliar, permite a integração da medida direta e não destrutiva, e assim preserva a integridade da planta. Objetivou-se a quantificação da área foliar da soja cv. FTS Paragominas RR, submetida a diferentes tratamentos de semente, com uso do programa computacional ImageJ[®] e pressuposições básicas do processamento de imagem. O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Maranhão, em Chapadinha (MA), no período de fevereiro a junho de 2018. As sementes de soja 'FTS Paragominas RR' foram submetidas à técnica de tratamento de sementes, constituídas por três fungicidas de ingredientes ativos, tiofanato metílico + fluazinam, fludioxonil e carbendazim + tiram, um inseticida de ingrediente ativo fipronil e o controle. A área foliar foi analisada na fase crescimento, através do uso de câmera digital e do ImageJ[®]. As rotinas do programa computacional ImageJ[®] foram eficazes para aferição da área foliar da soja submetida aos diferentes tratamentos de semente. O tiofanato metílico + fluazinam na dose 198 mL por 100 kg de sementes, apresentou efeitos benéficos sobre o crescimento da cultivar FTS Paragominas RR, conforme estimativa da área foliar.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) (Merrill), Crescimento, ImageJ[®], Regulador Vegetal.

Abstract: Digital image processing, when applied to the study of leaf area, allows the integration of the direct measurement and non-destructive, and thus preserves the integrity of the plant. The objective was the quantification of the leaf area of soybean, cv. FTS Paragominas RR, submitted to different treatments of seed with the use of the computer program ImageJ, and basic presuppositions of image processing. The experiment was conducted at the Center of Agrarian Sciences and Environmental, Federal University of Maranhão, in Chapadinha (MA), in the period from February to June 2018. The seeds of soybean 'Paragominas RR' were submitted to the technique of seed treatment, consisting of three fungicides of the active ingredients, thiophanate methyl + fluazinam, fludioxonil and carbendazim + tiram, an insecticide active ingredient fipronil and the control. The leaf area was analyzed in the growth phase, through the use of digital camera and ImageJ[®]. The use of the routines in the computer program ImageJ[®] were effective for the determination of leaf area of the soybean submitted to different treatments of the seed. The thiophanate methyl + fluazinam in the dose 200 mL per 100 kg of seeds showed beneficial effects on growth of the cv. FTS Paragominas RR, as estimated by the leaf area.

Keywords: *Glycine max* (L.) (Merrill), Growth, ImageJ[®], Regulator Plant.

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas mais relevantes para a economia mundial e tem se consolidado como a de maior importância para o Brasil (PENHA FILHO et al., 2018). Esta, dentre as culturas comerciais exploradas no país, apresentou o maior crescimento nas últimas três décadas e equivale a 49% da área plantada em grãos do território nacional (PEIXOTO et al., 2018).

Na safra 2017/2018, o setor atingiu uma produção de 114.962,00 toneladas (CONAB, 2018). Os aportes de produtividade, refletem a modernização do setor agrícola, manejo e eficiência dos produtores.

Os altos rendimentos de produção de grãos são, em grande parte, decorrentes do uso de sementes de qualidade. A qualidade fisiológica da semente infere na capacidade de realizar funções vitais, como germinação, vigor e longevidade, além

de garantir a porcentagem e uniformidade da emergência das plântulas (CARVALHO & NOVEMBRE, 2011).

Nesse sentido, algumas técnicas, como o tratamento de sementes, visam a melhoria e/ou manutenção da sua qualidade, promovendo o controle de patógenos e pragas, podendo ainda, favorecer a emergência e o desenvolvimento de plantas mais vigorosas e sadias (BALARDIN et al., 2011; CUNHA et al., 2015). Em resumo, estes produtos são aplicados às sementes visando o chamado efeito fitotônico, que é caracterizado pelas vantagens positivas no crescimento e no desenvolvimento das plantas (SCHOENINGER & BISCHOFF, 2014).

Conforme Moraes et al. (2013), nenhum outro órgão vegetativo das plantas apresenta tão grande polimorfismo e adaptação a diferentes meios e funções como a folha. Desta forma, pode ser utilizada como parâmetro para expressar, entre outras características, os efeitos de manejo empregado.

As folhas são os principais órgãos responsáveis pelo aproveitamento da energia solar por uma cultura, a qual é transformada em energia química durante o processo fotossintético (MARCON, 2009). A área foliar é uma característica importante na avaliação da eficiência fotossintética, crescimento, relacionado com o acúmulo de matéria seca, metabolismo da planta, produção final, qualidade e maturação das culturas (BUSATO et al., 2009).

A área foliar, assim como o índice de área foliar (IAF) foram definidos inicialmente por Watson em 1947. De acordo com Monteiro et al. (2005), a superfície foliar de uma planta depende do número e tamanho das folhas e do seu tempo de permanência na planta, isto é, pode variar ao longo do ciclo da cultura.

Este parâmetro biofísico pode ser obtido através de métodos diretos ou indiretos e destrutivos ou não destrutivos. Os métodos indiretos são baseados na correlação entre a variável medida e a área foliar (SOUZA et al., 2012). Enquanto que os métodos diretos, que normalmente são destrutivos, consistem em medidas realizadas diretamente nas folhas (TOEBE et al., 2010). Os destrutivos requerem a remoção da folha ou outras estruturas (FIDELES FILHO et al., 2010). Já nos métodos não destrutivos as medidas foliares são tomadas na planta (SILVA et al., 2011).

Henten e Bontsema (1995) ressaltaram o alto potencial do Processamento Digital de Imagens (PDI), devido à possibilidade de seu uso como método indireto e não destrutivo na quantificação das medidas de interesse em plantas, como por exemplo, a estimativa da superfície foliar. O emprego do PDI como medida direta e não destrutiva, preserva a integridade e possibilita o acompanhamento do desenvolvimento da mesma planta.

Atualmente, há uma variedade de câmeras digitais disponíveis no mercado a custos acessíveis. São equipamentos inovadores, no que se refere ao trabalho no campo de estimativa de área foliar por serem portáteis e apresentarem precisão mais elevada que os métodos clássicos como o das dimensões foliares, sobretudo, em situações nas quais os folíolos se apresentam danificados (FLUMIGNAN et al., 2008).

Dos diferentes softwares de processamento e análise de imagens, disponibilizados gratuitamente, destaca-se o ImageJ[®] desenvolvido por Wayne Rasband no National Institute of Mental Health, USA, em linguagem Java. O ImageJ[®] atua na imagem pela intensidade, ou nível de cinza dos pixels, permitindo exibir, editar, analisar, processar, salvar e imprimir imagens de 8, 16 e 32 bits (HANNICKEL et al., 2012). O programa computacional oferece suporte à diversos formatos de imagem como TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM e FITS.

Diante do exposto, objetivou-se o monitoramento do efeito de diferentes tratamentos de sementes sobre a área foliar da cultura da soja, através do processamento digital de imagem.

Métodos

O estudo foi realizado na área experimental do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, localizada no município de Chapadinha, Maranhão, com coordenadas geográficas de 3°44' S de latitude, 43°21' O de longitude e altitude média de 105 metros. O clima, segundo Thornthwaite, é do tipo C₂s₂A'a', ou seja, subúmido, megatérmico com acentuada deficiência hídrica no verão, temperatura média anual de 27,9 °C e precipitação pluviométrica média anual de 1613 mm (PASSOS et al., 2016).

As folhas utilizados foram provenientes de experimento realizado com a cultura da soja, cultivar FTS Paragominas RR. A cultura foi implantada no ano agrícola de 2017/2018, com semeadura realizada em fevereiro e a dessecação em junho de 2018.

O experimento consistiu no tratamento de sementes de soja, através da aplicação de três fungicidas ([tiofanato metílico + fluazinam (dose, 198 mL por 100 kg de sementes), fludioxonil (dose, 200 mL por 100 kg de sementes) e carbendazim + tiram (200 mL para 100 kg de sementes)], um inseticida [fipronil (dose, 200 mL para 100 kg de sementes)] e o controle (ausência de aplicação). As doses utilizadas foram recomendadas pelos fabricantes, na bula.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando vinte unidades experimentais. Cada parcela possuía um tamanho fixo retangular 3,0 x 4,0 m, com a área útil composta de 14 plantas por metro linear e um total de 10 linhas.

A captura das imagens foi realizada a partir de câmera digital, com resolução máxima de 14 MP. Para isso, as foram fixadas em folha de papel A4 branco (superfície contrastante), no qual havia um retângulo graduado em centímetros, para o estabelecimento de uma escala de conversão entre pixel e centímetros. Durante a digitalização, nenhuma folha foi removida das plantas utilizadas, considerando-se o método como indireto e não destrutivo.

Coletou-se 40 folhas, selecionadas e identificados aleatoriamente nas parcelas, de acordo com os tratamentos aplicados à soja. A digitalização foi iniciada após 35 dias da semeadura, com medições regulares a cada 15 dias. Todos os dados foram obtidos entre os meses de março e maio.

Na fase de pré-processamento, da estimativa da área foliar por imagens digitais via ImageJ®, empregou-se as técnicas que tem por finalidade o realce das características da imagem, para adequá-las às demais etapas de processamento.

Aplicou-se o filtro de mediana com janela 3x3. O filtro é necessário para evitar que nervuras da folha ou outras imperfeições, como o ruído eletrônico, atrapalhem o processo de segmentação (DELLA MURA et al., 2007). A Equação 1 descreve a função do filtro da mediana.

$$\text{med}[i, j] = u \left[\frac{N+1}{2} \right] \quad (1)$$

Em que:

u - é o vetor ordenado dos pixels;
N - é o tamanho do vetor u.

Na segmentação executou-se a operação de limiarização, matematicamente descrita pela Equação 2.

$$g(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{se } f(x,y) \leq L \\ 1 & \text{se } f(x,y) > L \end{cases} \quad (2)$$

Em que:

f - é a imagem original;
g - é a imagem resultante;
L - é o limiar;
0 e 1 - são os valores do objeto e fundo, respectivamente.

Para a determinação do valor limiar a fim de separar o objeto do fundo, utilizou-se a técnica do histograma de frequências da imagem. Cada elemento do histograma foi calculado conforme Equação 3.

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad (3)$$

Em que:

$0 \leq r_k \leq 1$

k - 0, 1, 2, ..., L-1, onde L é o número de níveis de cinza da imagem digitalizada;

n - número total de pixels na imagem;

$p_r(r_k)$ - probabilidade do k-ésimo nível de cinza;

n_k - número de pixels cujo nível de cinza corresponde a k.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, aplicando o teste t, a 5% de significância, para a comparação das médias. As análises estatísticas foram realizadas pelo software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2008).

Resultados e Discussão

A dinâmica da área foliar média para a cultura da soja, em função dos tratamentos avaliados, é apresentada pela Tabela 1, decorridos 35 dias desde a semeadura, estimada através do ImageJ® e pressuposições do processamento digital de imagem.

Os resultados indicaram que o uso dos fungicidas de ingredientes ativos fludioxonil (dose de 200 mL) e tiofanato metílico + fluazinam (dose de 198 mL), proporcionaram o maiores rendimentos foliares absolutos, aos 35 DAS, com valores muito próximos (24,89 e 24,59 cm², respectivamente). Ao passo que o controle apresentou o menor valor, 17,92 cm² (Tabela 1).

Mertz et al. (2009) reportaram que os fungicidas do grupo dos benzimidazóis são os mais indicados para o tratamento das sementes de soja, uma vez que são mais eficientes no controle de fungos, com destaque aos princípios ativos, carbendazim, tiofanato metílico e thiabendazole.

Os tratamentos de semente com o fungicida carbendazim + tiram e o inseticida fipronil, ambos na dose de 200 mL, estimaram superfícies foliares semelhantes com 18,37 e 18,32 cm², respectivamente. Estes representaram desempenho intermediário (Tabela 1).

Tabela 1. Área foliar a cultura da soja, aos 35 dias após a semeadura. Chapadinha-MA.

Tratamento de Semente	Área Foliar (cm ²)
Tiofanato Metílico + Fluazinam	24,59a
Fludioxonil	24,89a
Carbendazim + Tiram	18,37a
Fipronil	18,32a
Controle	17,92a
DMS	7,75
CV (%)	24,18

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de significância; DMS - Diferença Mínima Significativa; e CV - Coeficiente de Variação.

Embora tenham sido averiguadas superfícies foliares médias distintas, o teste t ao nível de 5% de significância, não evidencia diferenças estatísticas entre nenhum dos tratamentos de semente, conforme Tabela 1. A instabilidade experimental dentro de cada tratamento, caracterizada pelo coeficiente de variação, atingiu 24,18%.

Transcorridos 50 dias após a semeadura, os efeitos dos tratamentos de sementes sobre as médias de áreas foliares da cultura da soja 'FTS Paragominas RR', pela ferramenta processamento

digital de imagem, apresentou-se significativo ($p < 0,05$), conforme apresenta a Tabela 2.

De modo equivalente às respostas obtidas em primeira análise, os fungicidas à base de tiofanato metílico + fluazinam e fludioxonil, nas doses de 198 e 200 mL por 100 kg de sementes, respectivamente, proporcionaram ganho foliar absoluto superior aos demais. A ausência de aplicação quantificou a menor estimativa (40,46 cm²), com diferença de 10,20 cm², em relação à maior média, obtida para o tratamento de sementes com tiofanato metílico + fluazinam (Tabela 2).

Tabela 2. Área foliar da cultura da soja, aos 50 dias após a semeadura. Chapadinha-MA.

Tratamento de Semente	Área Foliar (cm ²)
Tiofanato Metílico + Fluazinam	50,66a
Fludioxonil	49,75ab
Carbendazim + Tiram	42,06ab
Fipronil	42,64ab
Controle	40,46b
DMS	10,13
CV (%)	14,58

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de significância; DMS - Diferença Mínima Significativa; e CV - Coeficiente de Variação.

Com base no ganho numérico da área foliar, pode-se inferir que as plantas oriundas de sementes tratadas com o tiofanato metílico + fluazinam (198 mL do p.a. para 100 kg de sementes) apresentariam maior aporte de fotoassimilados para investir no próprio crescimento vegetativo e, posteriormente, na produção de grãos, conforme cada fase fenológica da cultura e os princípios básicos da relação fonte-dreno.

O coeficiente de variação foi estimado em 14,58%, podendo inferir em queda de variabilidade percentual para cada tratamento e, por conseguinte,

maior homogeneidade, em relação à primeira determinação de área foliar.

As medições para um período de 65 dias após a semeadura da cultura da soja 'FTS Paragominas', constam na Tabela 3. O coeficiente de variação sofreu um aumento de 3,41%, em relação à mensuração dos 50 dias após à semeadura (DAS) e foi estimado em 17,99%. Isso enfatiza a ocorrência de efeitos das condições experimentais sobre o processamento de imagem, embora tenha-se obtidos efeitos significativo ($p < 0,05$).

Tabela 3. Área foliar da cultura da soja, aos 65 dias após a semeadura. Chapadinha-MA.

Tratamento de Semente	Área Foliar (cm ²)
Tiofanato Metílico + Fluazinam	47,08a
Fludioxonil	37,15ab
Carbendazim + Tiram	36,08b
Fipronil	41,03ab
Controle	35,99b
DMS	10,94
CV (%)	17,99

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de significância; DMS - Diferença Mínima Significativa; e CV - Coeficiente de Variação.

O fungicida de composto ativo tiofanato metílico + fluazinam produziu novamente incremento foliar mais elevado que os demais tratamentos, com valor estimado em 47,08 cm² (Tabela 3). O controle evidenciou o menor rendimento foliar médio (35,99 cm²), porém não difere estatisticamente dos fungicidas de ingredientes ativos fludioxonil, carbendazim + tiram e inseticida à base de fipronil.

Aos 80 dias, observou-se um decréscimo na área foliar da soja, para todos os testes, destacadamente na soja tratada com tiofanato metílico + fluazinam (Tabela 4). Possivelmente, isso ocorreu, a partir dos 65 DAS, por ocasião da fase reprodutiva, na qual as plantas destinam os fotoassimilados produzidos para flores, frutos e sementes, definidos como drenos fortes.

Nesse aspecto, presume-se que até os 65 DAS ocorreu incremento de área foliar, com vista ao

aumento da capacidade fotossintética, ao passo que a partir dos 80 DAS, os açúcares resultantes deste investimento passam a ser direcionados à perpetuação da espécie, que é economicamente explorada pelo homem.

Mundstock e Thomas (2005), explicam que durante o enchimento dos grãos ocorre um rápido aumento de nutrientes e um maior acúmulo de matéria seca. Sendo que, no início do período ocorre um alto índice de área foliar, desenvolvimento de raízes e fixação de nitrogênio.

A folha entra na fase de senescência proporcionando uma remoção das reservas de nutrientes solúveis para outros órgãos da planta, em sua maior parte para os grãos, sendo ocasionados na folha alguns danos irreversíveis como a degradação da clorofila, das proteínas e enzimas.

É provável que as plantas cujas sementes foram tratadas com tiofanato metílico + fluazinam tenham sido mais precoces que as demais e consequentemente apresentaram maior decréscimo de área foliar aos 80 DAS.

Tabela 4. Área foliar da cultura da soja, 80 dias após a semeadura. Chapadinha-MA.

Tratamento de Semente	Área Foliar (cm ²)
Tiofanato Metílico + Fluazinam	33,65ab
Fludioxonil	36,76ab
Carbendazim + Tiram	29,65b
Fipronil	39,24a
Controle	36,07ab
DMS	8,68
CV (%)	16,06

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de significância; DMS - Diferença Mínima Significativa; e CV - Coeficiente de Variação.

É importante destacar que, aos 80, a maior média, 39,24 cm², foi resultante do tratamento com fipronil (Tabela 4). De acordo com Castro et al. (2008), os inseticidas são fabricados com o intuito de controlar pragas, porém alguns deles, provocam efeitos positivos sobre o metabolismo e a morfologia vegetal. Isso pode ter designado a estabilidade da área foliar das plantas cujas sementes foram tratadas por fipronil.

Em resumo, com a ocorrência de plantas menos vigorosas na fase vegetativa, geralmente há menor produção de grãos, com efeitos sobre o rendimento econômico do produtor. Ou seja, o tratamento de sementes que é feito como uma ferramenta para incrementar a produção deverá ser bem monitorado em áreas comerciais, pois quando aplicado em doses e princípios inadequados para cada cultura, cultivar e região produtora, poderá ocasionar efeitos negativos inesperados. Nesse estudo, observou-se que os melhores resultados de área foliar até os 80 DAS foram observados para o uso do tiofanato metílico + fluazinam.

A precisão experimental, associada ao resíduo e expressa pelo coeficiente de variação, flutuou entre o valor mínimo de 14,58 (50 DAS) e máximo 24,18 % (35 DAS). Bastiani et al. (2016) utilizaram o aparelho referência LI-COR (modelo LI 3100C) para estimar a área foliar aos 44 dias após a emergência de cultivares de soja submetidas à interferência do competidor capim-arroz, com quatro proporção de plantas, e observaram precisão experimental em torno de 23,00 %, semelhante à obtida no presente estudo.

Cunha et al. (2015) estudando o efeito de diferentes tratamentos de sementes sobre o desenvolvimento de plantas de soja, empregaram o LI-COR (modelo LI 3100) para mensurar a área foliar e também constataram variabilidade próxima

da observada neste estudo, sendo 19,08 % para 30 dias após a emergência e 19,20 % para 45 dias após a emergência.

O erro experimental é constituído de três componentes: uma aleatória, uma sistemática e uma grosseira (NADAL et al., 2003). As frações sistemática e grosseira, estão atreladas à problemas práticos que, nesse estudo, possivelmente, se relacionam as limitações técnicas do equipamento digitalizador utilizado na fase de aquisição e digitalização das folhas, bem como de fatores referentes as distintas condições ambientais encontradas em cada época de medição, não atenuados totalmente na etapa de pré-processamento via software ImageJ[®].

Nesse sentido, a precisão experimental é também influenciada pela escolha e aplicação das ferramentas disponibilizadas pelo programa computacional ImageJ[®], portanto enfatiza ser essencial estabelecer a sequência de filtros corretas no que se refere à redução do ruído eletrônico, eliminação de nervuras das folhas, entre outras distorções das imagens digitais, a fim serem alcançados resultados concisos satisfatórios.

Conclusões

As rotinas do programa computacional ImageJ[®] foram eficazes para determinação da área foliar da cultura da soja submetida aos diferentes tratamentos de semente.

O uso de tiofanato metílico + fluazinam na dose 198 mL por 100 kg de sementes, apresentou efeitos benéficos sobre o crescimento da soja cv. FTS Paragominas RR, conforme estimativa da área foliar, pelo processamento digital de imagem.

Referências

- BALARDIN, R.S., SILVA, F.D.L., DEBONA, D., CORTE, G.D., FAVERA, D.D. TORMEN, N.R. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. *Ciência Rural*, 41: 1120-1126, 2011.
- BASTIANI, M.O., LAMEGO, F.P., AGOSTINETTO, D. LANGARO, A.C., SILVA, D.C. Competitividade relativa de cultivares de soja com capim-arroz. *Bragantia*, 75: 435-445, 2016.
- BUSATO, C., FONTES, P. C. R., BRAUN, H., BUSATO, C. C. M. Estimativa da área foliar da batateira, cultivar Atlantic, utilizando dimensões lineares. *Revista Ciência Agronômica*, 41: 702-708, 2009.
- CARVALHO, C., NOVENBRE, A. D. L. C. Avaliação da qualidade de sementes de fumo, nuas e revestidas, pelo teste de condutividade elétrica. *Revista Brasileira de Sementes*, 33: 177-185, 2011.
- CASTRO, G.S.A., BOGIANI, J.C., SILVA, M.G., GAZOLA, E., RESOLEM, C.A. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. *Pesq. agropec. bras.*, 43: 1311-1318, 2008.
- CONAB. COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. 2018. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safra 2017/2018, sétimo levantamento, abril 2018. Brasília, 94p.
- CUNHA, R.P., CORRÊA, M.F., SCHUCH, L.O.B. OLIVEIRA, R.C., ABREU JÚNIOR, J.S., SILVA, J.S.G., ALMEIDA, T.L. Diferentes tratamentos de sementes sobre o desenvolvimento de plantas de soja. *Ciência Rural*, 45: 1761-1767, 2015.
- DELLA MURA, W., OLIVEIRA, A. L., SGARBI, E. M., SACHS, L. G. Determinação da área foliar danificada por pragas da soja utilizando processamento digital de imagens. In: IV Secomp - Semana de Computação da UEL, 2007, Londrina - PR. Anais... IV Secomp - UEL, 2007.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, 6: 36-41, 2008.
- FIDELES FILHO, J., BELTRÃO, N. E. M., PEREIRA, A. S. Desenvolvimento de uma régua para medidas de área foliar do algodoeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14: 736-741, 2010.
- FLUMIGNAN, D. L., ADAMI, M., FARIA, R.T. Área foliar de folhas íntegras e danificadas de cafeeiro determinada por dimensões foliares e imagem digital. *Coffee Science*, 3: 1-6, 2008.
- HANNICKEL, A., PRADO DA SILVA, M.H., LINS DE BARROS, H., ALBUQUERQUE, M. P. Image J como ferramenta para medida da área de partículas de magnetita em três escalas manométricas. *Revista Militar de Ciência e Tecnologia*, 29:16–26, 2012.
- HENTEN, E. J., BONTSEMA, J. Non-destructive crop measurements by image processing for crop growth control. *Journal of agricultural engineering research*, 61: 97-105, 1995.
- MARCON, M. MODELOS MATEMÁTICOS PARA ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DE UM CAFEIEIRO POR MEIO DE ANÁLISE DE IMAGENS. 2009. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- MERTZ, L.M., HENNING, F.A., ZIMMER, P.D. Bioprotetores e fungicidas químicos no tratamento de sementes de soja. *Ciência Rural*, 39: 13-18, 2009.
- MONTEIRO, J. E. B. A., SENTELHAS, P. C., CHIAVEGATO, E. J., GUISELINI, C., SANTIAGO, A. V., PRELA, A. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. *Bragantia*, 64: 15-24, 2005.
- MORAES, L., SANTOS, T.K., WISSER, T.Z., KRUPPEK, R.A. Avaliação da área foliar a partir de medidas lineares simples de cinco espécies vegetais sob diferentes condições de luminosidade. *Revista Brasileira de Biociências*, 11: 381-387, 2013.
- MUNDSTOCK, C.M., THOMAS, A. L. Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005. p.31.
- NADAL, C.A., JULIANO, K.A., RATTON, E. Testes estatísticos utilizados para a validação de regressões múltiplas aplicadas na avaliação de imóveis urbanos. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 9: 243-262, 2003.
- PASSOS, M.L.V., ZAMBRZYCKI, G.C., PEREIRA, R.S. BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA UMA DETERMINADA REGIÃO DE CHAPADINHA-MA. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 10: 758- 766, 2016.
- PEIXOTO, S.A., RIBEIRO, F.W., RODRIGUES, C.C., SILVA, A.C., ARAUJO, M.S. Estudo Econômico do Cultivo de Soja dom Safrinha de Milho e Girassol. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer, 15: 254-264, 2018.
- PENHA FILHO, N., ALMEIDA, S.P., SANTOS, T.M., RODRIGUES, W.A.D., CAMARA, F.T. Desenvolvimento Inicial da Soja Sob Diferentes Doses de Adubação Potássica, *AGRARIAN ACADEMY*, Centro Científico Conhecer, 5: 178-187, 2018.

SCHOENINGER, V., BISCHOFF, T.Z. Tratamento de sementes. *Journal of Agronomic Sciences*, 3: 63-73, 2014.

SILVA, W.Z., BRINATE, S.V.B., TOMAZ, M.A., AMARAL, J.F.T., RODRIGUES, W.N., MARTINS, L.D. MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE ÁREA FOLIAR EM CAFEEIRO. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer, 7: 746-759, 2011.

SOUZA, M. S., ALVES, S.S.V., DOMBROSKI, J.L.D., FREITAS, J.D.B., AROUCHA, E.M.M. Comparação de métodos de mensuração de área foliar para a cultura da melancia. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, 42: 241-245, 2012.

TOEBE, M., LOPES, S.J., STORCK, L., SILVEIRA, T.R., MILANI, M., CASAROTTO, G. Estimativa de plastocrono em crambe. *Ciência Rural*, 40: 793-799, 2010.