



## Determinação da área foliar do feijoeiro por análise de imagens digitais

**Jefferson Souza e Silva** <sup>(PG)\*</sup>, **Sabrina Dias de Oliveira** <sup>(PG)</sup>, **Francisco R. de Melo** <sup>(PQ)</sup>, **Carlos Renato Ferreira** <sup>(PG)</sup>, **Frank F. Capuchinho** <sup>(PG)</sup>, **Gabriella Andrezza M. Campos** <sup>(PG)</sup>, **Gustavo Henrique Baptista Pinheiro Carlos** <sup>(PG)</sup>, **Carlos Eduardo B. Barbosa** <sup>(PQ)</sup>, **Sueli M. de Freitas Alves** <sup>(PQ)</sup>.

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Goiás, Departamento de Engenharia Agrícola, BR-153, 3105, Fazenda Barreiro do Meio, Anápolis, Goiás, 75132-400, Brasil.  
Autores correspondentes: jeffersonarar@gmail.com.

Resumo: O conhecimento da área foliar (AF) possibilita o monitoramento do crescimento das plantas. Com isso, este estudo foi realizado com o intuito de estimar a AF da cultura do feijão utilizado a análise de imagens digitais. Foram utilizadas 10 folhas da cultura, onde primeiramente foi mensurada a AF utilizando um laser portátil. Posteriormente, para a aplicação do método de imagens digitais, foi desenvolvido um algoritmo no software R para obter as estimativas. Com o intuito de verificar a eficiência do método proposto foi calculado o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), índice de concordância (d), coeficiente de correlação (r), e o índice de desempenho (c), onde os parâmetros analisados demonstraram relação entre os métodos avaliados. Constatou-se que a técnica de análise de imagens digitais consiste em um método eficiente e econômico para a determinação da área foliar do feijoeiro, possibilitando a substituição do laser portátil.

Palavras-chave: Laser portátil, Superfície foliar, Feijão.

### Introdução

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta importância econômica e social, visto que é um alimento básico na dieta do brasileiro (CARNEIRO et al., 2020). Para um bom cultivo do feijoeiro é importante conhecer como se dá o processo de desenvolvimento da cultura que pode ser analisado através do seu crescimento e conhecimento da cultura.

Uma forma que é utilizada para o conhecimento do cultivo é a da área foliar que permite entender a aplicação dos nutrientes perante o solo ou se eles não estão sendo aproveitados pela planta. Além de ajudar em diversos estudos em plantas, como desenvolvimento, produtividade, competitividade e transpiração, entre outros.

O conhecimento da área foliar possibilita o monitoramento do crescimento das plantas, No qual para sua obtenção podem ser utilizados diretos e indiretos (HARA et al., 2019). Onde métodos indiretos são realizados medições do comprimento e largura





da folha (dimensões lineares) para o conhecimento da superfície foliar. Já os métodos diretos possibilitam a determinação da AF de forma rápida e precisa, visto que são utilizados equipamentos portáteis, entretanto são considerados caros, como é caso dos lasers foliares (integrador foliar), e são necessárias calibrações constantes desses equipamentos (CASTRO et al., 2021).

Dessa forma a utilização de imagens digitais na investigação de problemas na agricultura tornou-se interessante, pois consiste em um método econômico e viável. Diante deste cenário, a análise de imagens assume a função principal de fornecer insumos para a interpretação, sendo utilizada a manipulação das ferramentas para a extração das informações necessárias tais como a cor, a textura e a tonalidade da imagem, ainda com a análise de imagens pode-se verificar padrões identificados para que sejam correlacionados e se identifique distorção no padrão da folhagem (PEDRINI, 2008).

Diante disso, o objetivo deste estudo foi de estimar a área foliar da cultura do feijoeiro utilizando a análise de imagens digitais, e verificar sua eficiência em substituição ao laser portátil modelo LICOR (CI-202).

### Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Estadual de Goiás - UEG. Já as amostras foram coletadas na estação experimental da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER). Foram escolhidas aleatoriamente e identificadas 10 folhas. Para a determinação da AF foi utilizado o medidor foliar a laser portátil modelo Licor (CI-202).

Para a aplicação do método de análise de imagens digitais foram capturadas imagens utilizando um fundo branco, onde foi adotado para a captura a mesma condição de luz e uma altura padrão.

Para estimar a área foliar das folhas de feijão foi desenvolvido um algoritmo no software R versão 4.1.0 e para manipulação das imagens instalou o pacote EImage. No algoritmo foram utilizadas 3 imagens de base uma como referência de escala a segunda com as cores das folhas de feijão e a terceira como imagem de fundo imagem branca.





As etapas seguidas no desenvolvimento do algoritmo para a determinação da área foliar foram a aquisição das imagens, pré-processamento, segmentação e extração das características da área foliar.

Os valores de área foliar obtidos pelo laser portátil modelo LICOR (CI-202) foram comparados aos valores estimados pelo método de análise de imagens digitais. Foram calculados indicadores estatísticos para avaliar a eficiência das estimativas obtidas pelas imagens: Coeficiente de correlação ( $r$ ) (SCHNEIDER, 1998), coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o índice de concordância ( $d$ ) (WILLMONT, 1981), e índice de desempenho ( $c$ ) (CAMARGO e SENTELHAS, 1997).

### Resultados e Discussão

O método de análise digital de imagens possibilitou a estimativa da área foliar da cultura do feijoeiro. Foram obtidos valores médios de 41,2563 e 43,8350  $\text{cm}^2$  para as estimativas do laser portátil e o método de análise de imagens, respectivamente (Tabela 1) nela é possível observar os resultados dos seguintes indicadores: Coeficiente de correlação ( $r$ ), índice de concordância ( $d$ ) e índice de desempenho ( $c$ ). Tabela 1 – Coeficiente de correlação ( $r$ ), índice de concordância ( $d$ ) e índice de desempenho ( $c$ ) obtidos na comparação entre os dados de área foliar determinados pelo laser portátil e por análise de imagens.

Variável	Valores médios		Indicadores		
	Medidor foliar	Imagem Digital	R	d	C
AF ( $\text{cm}^2$ )	41,2563	43,8350	0,9595	0,9985	0,9580

AF= área foliar ( $\text{cm}^2$ ); Desempenho: Critérios de Classificação de Camargo e Sentelhas (1997).  
Fonte: Autor (2021).

Em relação ao coeficiente de correlação, foi obtido um valor de  $r$  de 0,9595, expressando uma correlação forte positiva entre os valores de área foliar obtidos por meio do laser portátil e o método de análise de imagens. Esse indicador avalia a força ou grau de associação entre as variáveis, e segundo Martins et al. (2016) quanto mais próximo de 1 melhor será o grau de associação.

Já o índice de concordância revelou uma concordância forte ( $d = 0,9985$ ) entre os métodos avaliados para determinação da AF, muito próxima de 1. Flumignan et al. encontrou valores próximos de  $d$  e  $R^2$  aos observados nesse estudo avaliando a área foliar do café. O autor afirma que o método de análise de imagens pode substituir, com vantagem, o método do medidor de AF (Lazer portátil), por ser não destrutivo e de baixo custo.





Avaliando o índice de desempenho do método proposto em relação ao medidor foliar encontrou-se um valor de  $c = 0,9580$ , classificado como ótimo ( $>0,85$ ) de acordo com Carmargo e Sentelhas (1997), indicando que a análise de imagens propicia estimativas de AF para o feijoeiro muito próximas das obtidas pelo lazer.

A Figura 1 apresenta a relação entre as estimativas obtidas através do medidor foliar e as imagens digitais. Foi encontrado um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,9862, muito próximo de 1, demonstrando que as estimativas são muito próximas. Adami et al. (2008) encontrou resultados semelhantes e constatou que o método de imagem digital consiste em uma alternativa viável e eficiente para obter estimativas da AF, podendo substituir os medidores foliares.

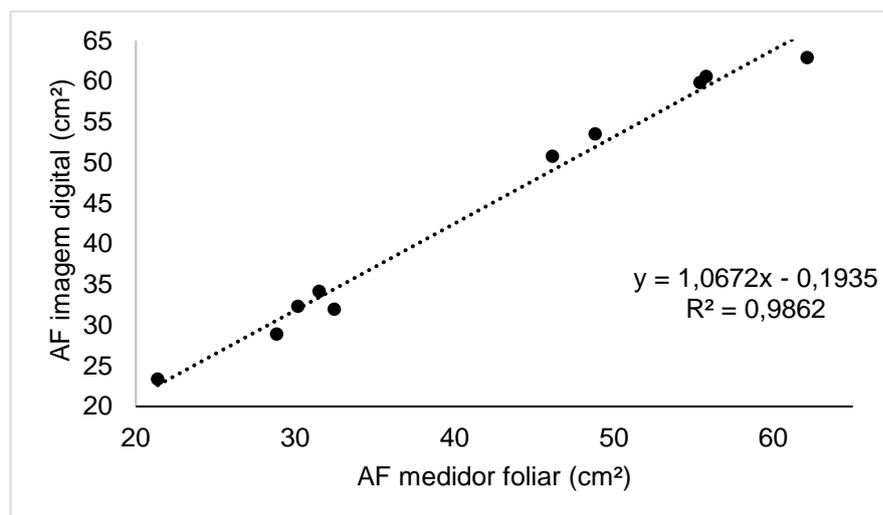


Figura 1 – Relação entre os valores obtidos lazer portátil e os valores obtidos pelo método de análise de imagens.

Fonte: Autor (2021).

Os indicadores avaliados demonstraram que o método de análise de imagem apresenta correlações fortes em relação ao método utilizando o lazer foliar LICOR (CI-202).

### Considerações Finais

Foi possível estimar a área foliar do feijão utilizando imagens digitais. Os indicadores avaliados demonstraram relação entre os valores obtidos de área foliar pelos métodos analisados.





Constatou-se que a técnica de análise de imagens digitais consiste em um método eficiente e econômico para a determinação da área foliar do feijoeiro, possibilitando a substituição do lazer portátil.

### Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil(CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás – (FAPEG).

### Referências

ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAM, D. L.; FARIA, T. de. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p.1053-1058, 2008.

CAMARGO, Â. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 87–97, 1997.

CARNEIRO, A. R. T.; SANGLARD, A. M.; AZEVEDO, A. M.; SOUZA, T. L. P. O. de; PEREIRA H. S.; MELO, L. C.; CARNEIRO, P. C. S. Fuzzy logic applied to different adaptability and stability methods in common bean. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.55, 2020.

CASTRO, A. Q.; CONCEIÇÃO, G. S. de; BRITO, G. S. de; SANTOS, Q. B. dos; TOGNERE, J.; OLIVEIRA, V. de S.; ARANTES, S. D.; SCHMILDT, O.; SCHMILDT, E. R. Método não destrutivo para determinação da área foliar de Turnera Subuluta. **Revista Ifes Ciência**, v.7, n.1, p. 01-09, 2021.

FLUMIGNAN, D. L.; ADAMI, M.; FARIA, R. T. de. Área foliar de folhas íntegras e danificadas de cafeeiro determinada por dimensões foliares e imagem digital. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2008.

HARA, A. T.; GONÇALVES, A. C. A.; MALLER, A.; HASHIGUTI, T.; OLIVEIRA, J. M. de. Ajuste de modelo de predição de área foliar do feijoeiro em função de medidas lineares. **Revista de Engenharia na Agricultura**, v.27, n.2, p.179-186, 2019.

PEDRINI, H.; SCHWARTZ, W.R. **Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2008.

SCHNEIDER, P.R. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. Santa Maria: ed. UFSM/CEPEF, 1998. 236p.

WILLMONT, C.J. On the validation of models. **Physical Geography**, Palm Beach, v.2, n. 2, p.184-194, 1981

