

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

CLOROFILÔMETROS PORTÁTEIS PARA A ESTIMATIVA DE CLOROFILAS EM FOLHAS DE MILHO

**Leandro Dias da Silva, Marcos Ferreira Almeida, Laércio Novato Ribeiro Filho,
João Victor Martins de Araújo Almeida, Vinícius Alves Rodrigues, Raul Antônio
Araújo do Bonfim, Paulo Araquém Ramos Cairo.**

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Estrada do Bem-Querer, km 4, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil, CEP 45031-900.
leodias5@yahoo.com, marcosagro2014@gmail.com, laelcionovato@gmail.com,
joaovmartins1408@gmail.com, vinicius14cnn@gmail.com, raularaujoraul@gmail.com,
pcairo@uol.com.br

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a estimativa de clorofilas por meio de clorofilômetros portáteis, SPAD-502 e Clorofilog em folhas de milho. O experimento foi realizado no campo experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* Vitória da Conquista, Bahia. Selecionou-se folhas de diferentes idades desde muito novas (com baixos teores de clorofila) até maduras e completamente expandidas, com altos teores de clorofila. As leituras com os clorofilômetros, foram realizadas entre as 8 e 10 h, em três pontos a cada lado da nervura central da folha. Observou-se relação linear entre os valores obtidos, quando relacionados os medidores SPAD e Clorofilog. O clorofilômetros portáteis podem ser utilizados para estimar de forma precisa o teor de clorofilas nas folhas do milho. Além disso, há economia de tempo e reagentes em relação com o método clássico de laboratório.

Palavras-chave: Clorofilog, SPAD-502, *Zea mays* L.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônômica - Agronomia.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais importantes em muitos países, devido ao seu alto valor nutritivo e seu papel como matéria-prima para diversos produtos industriais, podendo ser usado em indústria de rações, alimentos e produção de etanol (RATHNA PRIYA; MANICKAVASAGAN, 2021). O milho é o cereal mais produzido em todo o mundo, sendo que no Brasil, na safra 2022/23, a produção estimada é de 126.941,5 milhões de toneladas, apresentando um incremento de 12,5% a mais que na safra 2021/22 (CONAB, 2022). O milho é um grão cultivado em todo o território nacional, demonstrando a importância expressiva que o mesmo possui no setor agroindustrial, tanto pela grande área cultivada, quanto pelo volume de produção e pelo seu importante papel socioeconômico (CONAB, 2022).

Os pigmentos fotossintéticos são essenciais para o desenvolvimento de uma planta, pois são responsáveis pela captura da energia solar incidente usada na fotossíntese. Estudos revelam que as clorofilas são pigmentos que refletem a cor verde estando inteiramente associadas com o potencial da atividade fotossintética. Além disso, a alta eficiência fotossintética pode levar ao incremento de produtividade agrícola, e essa relação está diretamente relacionada com o aproveitamento da radiação disponível por esses pigmentos (SILVA *et al.*, 2014).

A determinação indireta do teor relativo de clorofila é calculada pela quantidade de luz transmitida pela folha, por meio de dois ou três comprimentos de onda com diferentes absorbâncias que, independentemente do instrumento utilizado, fornecem uma leitura única proporcional às clorofilas a e b (RIGON *et al.*, 2012). Assim, os valores obtidos são proporcionais aos teores de clorofila foliar e são chamados de índice do clorofilômetro (ARGENTA *et al.*, 2001). Para facilitar a mensuração dos pigmentos de clorofila, várias pesquisas têm sido desenvolvidas com a utilização de medidores

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

eletrônicos revelando bons resultados como os clorofilômetros portáteis (ALI *et al.*, 2015; FERREIRA *et al.*, 2018; BERTANI *et al.*, 2019).

Esses equipamentos portáteis permitem determinar de forma indireta o conteúdo de clorofila presente nas folhas através da quantidade de luz transmitida pela folha (RIGON *et al.*, 2012). O equipamento portátil Clorofilog opera através de três diodos que emitem comprimentos de ondas, dois na faixa do vermelho (635 nm e 660 nm) e um no infravermelho próximo (880 nm), onde a partir da combinação destes valores gera o ICF-Índice de Clorofila Falker. (FALKER, 2008) Já medidor SPAD-502 mede a absorção pela folha em dois comprimentos de onda 660 nm (vermelho) e 940 nm (infravermelho próximo) (FERREIRA *et al.*, 2006).

Os modelos que descrevem a relação entre as leituras dos equipamentos portáteis não destrutivos variam para cada espécie, de acordo com as características intrínsecas, exigindo calibração independente com os teores de clorofila determinados destrutivamente (UDDLING *et al.*, 2007). Para facilitar a mensuração dos pigmentos de clorofila, várias pesquisas têm sido desenvolvidas com a utilização de medidores eletrônicos revelando bons resultados como o SPAD-502 em milho (Santos *et al.*, 2021), videira (ALI *et al.*, 2015) e maracujazeiro (BERTANI *et al.*, 2019) e o Clorofilog em pessegueiro (FERREIRA *et al.*, 2018), gergelim (RIGON *et al.*, 2012) e milho (PEREIRA *et al.*, 2021).

Diante ao exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estimativa de clorofilas por meio do SPAD-502 e Clorofilog em folhas de milho.

Metodologia

O experimento foi realizado no campo experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* Vitória da Conquista, Bahia, com coordenadas 14° 53' 17" S e 40° 48' 9" W e altitude de 875 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo *Cwb* (clima subtropical de altitude, com inverno seco e verão ameno e úmido), com pluviosidade média de 700 mm anuais, e apresenta uma temperatura média anual de 20,0 °C. O solo da área onde foram aferidos os valores com os clorofilômetros é classificado como latossolo amarelo distrófico típico (SEI, 2014).

Os dados climáticos obtidos de estação meteorológica automática como temperatura e umidade relativa do ar no dia da análise, se encontram na Tabela 1.

Tabela 1- Valores da temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) durante o período experimental.

Temperatura (°C)			Umidade (%)		
Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
14,7	14,1	14,4	99,3	97,7	98,5

Foram selecionadas folhas de 11 plantas de milho com diferentes graus de esverdeamento, no intuito de se obter um gradiente nos teores de clorofila. Assim, selecionou-se folhas de diferentes idades desde muito novas (com baixos teores de clorofila) até maduras e completamente expandidas, com altos teores de clorofila. As leituras com os clorofilômetros, SPAD-502 e o Clorofilog, foram realizadas entre as 8 e 10 h, em três pontos a cada lado da nervura central da folha, ambos clorofilômetros resultam em valores adimensionais.

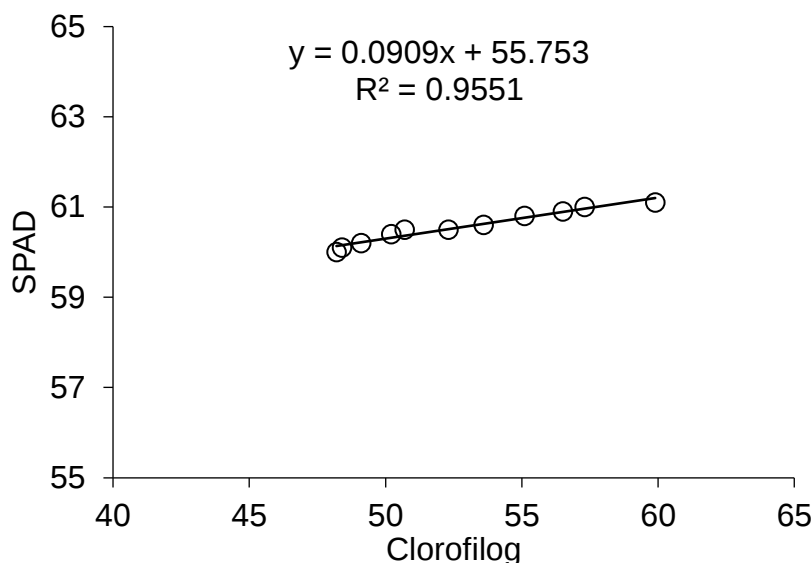
Os dados foram avaliados quanto à homogeneidade, pelo teste de Cochran e quanto à distribuição normal dos resíduos, pelo teste de Lilliefors. Logo após, foram analisados mediante análise de regressão entre os índices Clorofilog e SPAD adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

Resultados

Observou-se relação linear entre os valores obtidos, quando relacionados os medidores SPAD e Clorofilog. Além disso, a reta se ajustou com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,95 (Figura 1).

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Figura 1 – Relações entre o índice de clorofilas SPAD e Falker (Clorofilog) em folhas de milho. Os círculos representam a média de 11 folhas.



Fonte: Próprio autor (2023).

Discussão

Estimar pigmentos fotossintéticos por meio de medidores portáteis de clorofilas para estabelecer modelos matemáticos em folhas de milho, surge como uma alternativa viável para estudos com essa espécie. Contudo, Argenta et al. (2001), relata que a leitura realizada com clorofilômetro estima com boa precisão o teor de clorofila na folha de milho e apresenta as vantagens de maior rapidez, menor custo e de não implicar em destruição de folhas. Além do mais, podemos inferir que leitura instantânea realizadas por meio de clorofilômetros portáteis, como o SPAD-502 e o Clorifilog, estimam com grande precisão o conteúdo de clorofilas nas folhas do milho. Assim, a equação matemática gerada pode ser utilizada para estimar o nível destes pigmentos com eficiência, altas precisões e rapidez (VIEIRA SILVA et al., 2016).

Conclusão

O clorofilômetros portáteis podem ser utilizados para estimar de forma precisa o teor de clorofilas nas folhas do milho.

Referências

- ALI, A. M.; THIND, H. S.; SHARMA S.; SINGH, Y. Site-specific nitrogen management in dry direct-seeded rice using chlorophyll meter and leaf colour chart. **Pedosphere**, v. 25, p. 72–81, 2015.
- ARGENTA, G.; DA SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Rev. Brasil. Fisiol. Vegetal**, v.13, p.158–167, 2001.
- BERTANI, R. M. A; SILVA, S. P; DEUS, A. C. F; ANTUNES, A. M; FISCHER, I. H. Doses de nitrogênio no desenvolvimento de mudas altas de maracujá-amarelo. **Rev. Agr. Neotropical**, v. 6, n. 1, p. 29–35, 2019.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Safra 2022/2023. 1º levantamento. p. 1-77, 2022. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

FALKER. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG / CFL 1030)**. Porto Alegre: Falker Automação Agrícola. 2008. 33p.

FERREIRA, L. V.; PICOLOTTO, L.; PEREIRA, I. S.; SCHMITZ, J. D.; ANTUNES, L. E. C. Nitrogen fertilization in consecutive cycles and its impact on high-density peach crops. **Pesq. Agrop. Brasil.**, v. 53, n. 2, p.172–181, 2018.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Ceres**, v. 53, p. 83–92, 2006.

PEREIRA, C. S.; ZANETTI, V. H.; SCHOFFEN, M.; WIEST, G.; FIORINI, I. V. A. Caracteres de produção e índice ClorofiLOG® de treze híbridos de milho no norte de Mato Grosso. **Agrarian**, v. 14, n. 52, 233–240, 2021.

RATHNA PRIYA, T. S.; MANICKAVASAGAN, A. Characterising corn grain using infrared imaging and spectroscopic techniques: a review. **J. Food Meas. Charact.**, v. 15, n. 4, p. 3234–3249, 2021.

RIGON, J. P. G.; BELTRÃO, N. E. M.; CAPUANI, S.; BRITONNETO, J. F.; SILVA, F. V. F. Análise não destrutiva de pigmentos fotossintéticos em folhas de gergelim. **Rev. Bras. Eng. Agr. Amb.**, v. 16, n. 3, p. 258–261, 2012.

SANTOS, J. K. F.; CABRAL FILHO, F. R.; BASTOS, A. V. S.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, E. C.; SANTOS, E. A.; VIDAL, V. M.; MORAIS, W. A.; AVILA, R. G.; SOARES, F. A. L. Development of maize plants submitted to NPK mineral and organomineral fertilization doses. **Res. Soc. Dev.**, v. 10, n. 5, p. e41210515123, 2021.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Anuário estatístico da Bahia 2014**. Salvador: 2014, v. 28. Disponível em: http://www.sei.ba.gov.br/images/publicacoes/download/anuario_estatistico/anuario_estatistico_2014.pdf. Acesso em: 31 ago. 2023.

UDDLING, J.; GELANG-ALFREDSSON, J.; PIKKI, K.; PLEIJEL, H. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. **Photosyn. Res.**, v. 91, p. 37–46, 2007.

VIEIRA SILVA, D.; DOS ANJOS, L.; BRITO-ROCHA, E.; DALMOLIN, A. C.; MIELKE, M. S. Calibration of a multi-species model for chlorophyll estimation in seedlings of Neotropical tree species using hand-held leaf absorbance meters and spectral reflectance. **iForest**, v. 9, p. 829–834, 2016.

Agradecimentos

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pelo suporte no desenvolvimento da pesquisa. Ao CNPq, CAPES e FAPESB pela concessão das bolsas de estudos aos autores. À empresa Heliagro – Science and Crops® pelo fornecimento das sementes.