



Revista Agrária Acadêmica

Agrarian Academic Journal



doi: 10.32406/v5n2/2022/103-110/agrariacad

Pigmentos fotossintéticos como descritores de resposta a adubação organomineral em cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.). Photosynthetic pigments as response descriptors organomineral fertilization in sugarcane (*Saccharum Officinarum* L.).

Flávia Santana Ribeiro¹, [Lorena Gabrielle Fernandes Alves](#)², [Marcio Rosa](#)³, [Narcisa Silva Soares](#)⁴, Carlos André Gonçalves⁵

¹ Discente do Curso de Agronomia – Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara ILES/ ULBRA. E-mail: ribeiro.flviasantana@gmail.com

² Discente do Curso de Agronomia – Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara ILES/ ULBRA. E-mail: lorenna.gabrielle@hotmail.com

³ Docente do Departamento de Ciências Agrárias – Universidade de Rio Verde UniRV – Campus Rio Verde. E-mail: marcio.rosa@unirv.edu.br

⁴ Docente do Curso de Agronomia – Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara ILES/ ULBRA. E-mail: narcisa.soares@ulbra.br

⁵ Docente do Curso de Agronomia – Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara ILES/ ULBRA. E-mail: carlos.goncalves@ulbra.br

Resumo

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), é oriunda do continente asiático. A cultura é de enorme importância para a economia brasileira, sendo explorada em toda à extensão do país, tendo o Sudeste, Nordeste e Sul como os maiores polos de produção atualmente. Com o crescente aumento populacional tem-se buscado cada vez mais ampliar a produtividade e a lucratividade com a cultura da cana-de-açúcar com o auxílio de técnicas agrícolas e gerenciais. A produtividade das plantas está relacionada à eficiência fotossintética. Um dos fatores ligados a essa eficiência é o conteúdo de clorofilas, em virtude da sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa. Contudo, a concentração de clorofilas pode ser influenciada pela fertilidade e adubação. Objetivou-se com este trabalho comparar o uso de clorofilômetros (Minolta SPAD® 502 e Falker ClorofiLOG® 17 1030) e espectrofotômetro para determinação de clorofila em cana-de-açúcar fertilizada com organominerais e lodo de esgoto industrial. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, com cinco repetições por tratamento. As características avaliadas foram: Cla (clorofila a), Clb (clorofila b), Car (carotenoides), Clt (clorofilas totais), Cla/Clb (razão entre clorofila a e clorofila b). Todos os equipamentos utilizados mostraram respostas similares quanto à concentração de clorofilas em resposta à fertilização. Verificou-se que independente dos tratamentos as concentrações de pigmentos fotossintéticos não variaram.

Palavras-chave: Clorofilas. Clorofilômetros. Dimetilsulfóxido. Fertilizantes orgânicos.

Abstract

Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) comes from the Asian continent. Culture is of enormous importance to the Brazilian economy, being explored throughout the country, with the Southeast, Northeast and South as the largest production centers today. With the growing population, it has been increasingly sought to increase productivity and profitability with the cultivation of sugarcane with the help of agricultural and managerial techniques. Plant productivity is related to photosynthetic efficiency. One of the factors linked to this efficiency is the chlorophyll content, due to its direct connection with the absorption and transfer of light energy. However, the concentration of chlorophylls can be influenced by fertility and fertilization. The objective of this work was to compare the use of chlorophyll meter (Minolta SPAD® 502 and Falker ClorofiLOG® 17 1030) and spectrophotometer for chlorophyll determination in sugarcane fertilized with organominerals and industrial sewage sludge. The experiment was conducted in randomized blocks, with five replications per treatment. The characteristics evaluated were: Cla (chlorophyll a), Clb (chlorophyll b), Car (carotenoids), Clt (total chlorophylls), Cla/Clb (ratio between chlorophyll a and chlorophyll b). All equipment used showed similar responses in terms of chlorophyll concentration in response to fertilization. It was found that, regardless of the treatments, the concentrations of photosynthetic pigments did not vary.

Keywords: Chlorophylls. Chlorophyllmeters. Dimethylsulfoxide. Organic fertilizers.

Introdução

A agricultura é a atividade econômica mais antiga do Brasil e se solidificou na base da atividade canavieira agroindustrial. A cultura da cana-de-açúcar é de enorme importância para a economia brasileira, é explorada em toda a extensão do país, tendo o Sudeste, Nordeste e Sul como os maiores polos de produção atualmente. No ranking mundial, o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar, sendo o país responsável por cerca de 39% da produção global, ficando à frente de Índia (18%) e China (7%) (CONAB, 2017).

Com o crescente aumento populacional, atualmente, tem-se buscado cada vez mais ampliar a produtividade e a lucratividade na cultura da cana-de-açúcar com o auxílio de técnicas agrícolas e gerenciais. A melhoria das propriedades físico-químicas do solo vem sendo a principal técnica utilizada pelo produtor rural e, dentre estas, pode-se citar a calagem, gessagem, adubação química, adubação verde e o uso de compostos orgânicos (ORLANDO FILHO et al., 1994).

Segundo Vitti (2003), o rendimento da cultura da cana-de-açúcar está correlacionado com a eficiência da adubação nitrogenada, em virtude de que o N é um dos nutrientes que limita a produtividade e a longevidade das soqueiras de cana-de-açúcar.

Em meio a tantos problemas ambientais que arruinam a humanidade, a produção de resíduos industriais está entre uma das principais formas de degradação do meio ambiente. A população tem se preocupado, ao longo dos anos, cada vez mais com a destinação e possível reutilização destes produtos residuais. Dessa maneira, pesquisas foram e continuam sendo realizadas para encontrar uma maneira sustentável de utilizar estes restos da indústria. Nesse cenário, torna-se de extrema importância gerenciar de maneira adequada uma possível redução na produção destes resíduos, bem como, a reutilização, tendo em vista a redução de custos operacionais (MOTA; ALMEIDA, 2017).

Em se tratando especificamente da geração de resíduos industriais pelo segmento alimentício, durante todo o processo são gerados dejetos provenientes da produção de diversos produtos e os mesmos lançados na rede de esgoto para posteriormente receber os devidos tratamentos e ficarem disponíveis para serem reaproveitados. O objetivo do tratamento de esgoto é separar a parte líquida da sólida no qual o efluente tratado e retornará aos corpos receptores sem causar acarretar prejuízos para o meio ambiente (CORRÊA et al., 2007). Ao longo de todo o processo, obtêm-se um lodo, o qual apresenta nutrientes e matéria orgânica em abundância, originando então um subproduto do tratamento. Em meio às enumeradas possibilidades de reuso, às práticas agrícolas tem se beneficiado pela riqueza em micronutrientes, macronutrientes e matéria orgânica exercendo como fertilizante do solo (CAMARGO, 2006).

Alguns dos fatores relacionados à eficiência fotossintética está diretamente ligado à clorofila, presente em todos os vegetais verdes. Essa interação resulta em crescimento e adaptabilidade a diferentes ambientes (TAIZ et al., 2017). Diante disso, o uso de métodos que quantifiquem a clorofila presente nas folhas surge como uma importante ferramenta para observar a resposta da planta ao tratamento em qual foi submetida (MARTINS et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2009). A quantificação do conteúdo de clorofilas pode ser realizada por método destrutivo e não destrutivo, ou seja, não invasivo (NETTO et al., 2005).

Os métodos não invasivos são baseados na absorvância e/ou reflectância da radiação em determinados comprimentos de onda em folhas intactas com o auxílio de equipamentos denominados clorofilômetros. Os métodos invasivos se baseiam na extração dos pigmentos utilizando solventes orgânicos (NETTO et al., 2005).

Já os métodos invasivos se baseiam na extração dos pigmentos utilizando solventes orgânicos (NETTO et al., 2005), sendo a acetona e o éter os mais comuns (LICHTENTHALER, 1987). A quantificação do conteúdo de clorofilas em folhas em folhas pode ser feita via maceração com acetona, ou outro solvente orgânico, sendo em seguida realizado uma leitura em espectrofotômetro. No entanto, o método citado acima exige maior demanda de tempo. Em contrapartida, existem no mercado medidores portáteis que utilizam princípios ópticos não destrutivos baseados na absorvância e/ ou refletância da luz pelas folhas. Estes aparelhos expressam a determinação de clorofilas de maneira fácil e rápida, de forma que a avaliação pode ser realizada até mesmo em campo (RICHARDSON et al., 2002).

Nesse sentido, uma avaliação confiável e precisa de pigmentos fotossintéticos corresponde a uma estratégia útil para avaliar as respostas das plantas a diferentes fatores bióticos e abióticos, sendo importante comparar metodologias para a tomada de decisão frente SPAD[®] 502 e Falker ClorofiLOG[®] 1030) e espectrofotômetro na determinação de clorofila na cultura da cana-de-açúcar fertilizada com organominerais e lodo de esgoto industrial.

Para tanto, o presente trabalho objetivou comparar o uso de clorofilômetros (Minolta SPAD[®] 502 e Falker ClorofiLOG[®] 1030) e espectrofotômetro na determinação de clorofila na cultura da cana-de-açúcar fertilizada com organominerais e lodo de esgoto industrial.

Material e métodos

O experimento foi conduzido nas instalações do Campo Experimental do 115 ILES/ULBRA localizado no município em Itumbiara - GO, com altitude média de 488 m, 116 definido pelas coordenadas geográficas de 18°24'35" latitude Sul e 49°11'35" longitude 117 Oeste. O local apresenta altitude de 448 metros e, conforme a classificação de Köppen, possui 118 clima tropical com estação seca e estiagem no período de inverno. Os invernos são secos e 119 amenos e as chuvas costumam ocorrer de novembro a abril, sendo a precipitação média anual 120 do município da ordem de 1433 mm. A umidade relativa do ar é de 55% com temperaturas 121 médias anuais de 23,8°C.

A instalação do experimento foi realizada no dia 24 de agosto de 2019. O 123 delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, contendo 5 blocos e 4 parcelas por bloco. Os diferentes tratamentos utilizados podem ser visualizados por meio da tabela 1 mostrada abaixo.

Tabela 1 – Tratamentos empregados no experimento.

Tratamento	Descrição
T1	3g de Sinorgan UP
T2	3g de Sinorgan UP + biossólido
T3	6g de Sinorgan UP
T4	Testemunha

Fonte: Autor, (2020).

Determinação da temperatura e do tempo de incubação em análise por método destrutivo

Para a determinação da concentração de pigmentos cloroplastídicos por método destrutivo, utilizou-se a extração com solução de dimetilsulfóxido (DMSO) saturada com carbonato de cálcio (50g L-1 134), mediante ajuste da metodologia descrita por Kuki et al. (2005). Foram 135 retirados

três discos foliares de 5 mm de diâmetro de plantas adultas e incubados em 5 ml de DMSO em frascos de vidro vedados e envolvidos com papel alumínio na temperatura de 65° C. Foram avaliados 20 frascos, sendo 5 repetições de cada tratamento. Posteriormente, procedeu-se então com as leituras de absorbância 24 horas após a incubação. As absorbâncias dos extratos foram determinadas por meio de um espectrofotômetro UV-VIS, modelo Biospectro SP22. As canas estavam com idade de 9 meses plantio quando foram realizadas as análises.

Os comprimentos de onda, as equações e cálculos para a determinação do conteúdo de pigmentos foram baseados no trabalho de Wellburn (1994).

Determinação em análise por método não destrutivo

Foram realizadas medições com os aparelhos clorofilômetros SPAD 502 (Soil Plant Analysis Development, Konica Minolta, Japão) e ClorofiLOG (Falker Automação Agrícola, Brasil). Para cada repetição procedeu-se com as leituras em quatro plantas diferentes. Nestas mesmas folhas foram retirados discos foliares com o auxílio de um perfurador circular para avaliação destrutiva.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($p < 0.05$) com auxílio do software Sisvar (FERREIRA, 2011). A análise de correlação de Pearson foi realizada por meio da planilha Excel e do software SigmaPlot.

Resultados e discussão

Os resultados da análise de variância demonstram que, os diferentes equipamentos utilizados para a determinação de clorofila em diferentes tratamentos de nutrição mineral em canaviais, tiveram desempenho semelhante, ou seja, não houve diferença significativa entre os parâmetros observados, tal como mostram as Tabelas 2 e 3 ilustradas abaixo.

Tabela 2 – Valores de F da análise de variância dos dados obtidos pelos clorofilômetros extração de pigmentos cloroplastídicos, onde Cla (clorofila a), Clb (clorofila b) Cla/Clb (razão entre clorofila a e clorofila b), Clt (clorofilas totais) e Índice SPAD.

Fonte de variação	GL	Cla	Clb	a/b	CLT	SPAD
Organomineral	3	0,055 ^{ns}	0,085 ^{ns}	0,030 ^{ns}	0,063 ^{ns}	0,304 ^{ns}
Bloco	4	3,458*	3,75*	3,506*	3,839*	4,139*
CV (%)		5,6	9,5	4,8	6,4	4,4
Média geral		31,06	9,94	3,14	41,006	41,8

*Significativo a 1% de probabilidade; ** significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Tabela 3 – Valores de F da análise de variância dos dados de pigmentos obtidos pela extração em DMSO e analisado por espectrofotômetro, onde Cla (clorofila a), Clb (clorofila b) Cla/Clb (razão entre clorofila a e clorofila b), Clt (clorofilas totais) e Car (carotenoides).

Fonte de variação	GL	Cla	Clb	a/b	Clt	Car
Organomineral	3	0,034 ^{ns}	2,191 ^{ns}	2,358 ^{ns}	0,080 ^{ns}	0,208 ^{ns}
Bloco	4	2,909*	0,361 ^{ns}	2,357 ^{ns}	2,541 ^{ns}	3,131*
CV (%)		14,52	11,42	12,45	12,86	22,65
Média geral		52,53	15,60	3,38	68,14	8,01

*Significativo a 1% de probabilidade; ** significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Dessa forma, é possível visualizar que os índices de clorofilas totais nas folhas de cana-de-açúcar não foram afetados pelos produtos utilizados ($p > 0,05$). As médias obtidas foram de 41,01; 41,83 e 68,14 por meio do ClorofiLOG 1030, SPAD 502 e espectrofotômetro SP22, respectivamente, tal como mostra a figura 1 citada abaixo.

Por meio da correlação de Pearson verificou-se correlação positiva e significativa entre os índices de clorofilas a, b e totais do ClorofiLOG com o índice SPAD ($0,4 \leq r < 1$, Figura 2). No entanto, não se verificou correlação significativa entre os clorofilômetros e o método destrutivo. Silva et al (2014) verificaram correlação entre o índice SPAD e o método destrutivo em cana-de-açúcar, no entanto, o solvente utilizado na extração foi a N,N-dimetilformamida (DMF), e o fator avaliado era o status hídrico. A ausência de variação do teor de clorofilas nos diferentes tratamentos neste estudo pode ter contribuído para a ausência de correlação entre os clorofilômetros e o método por extração com DMSO.

Conclusão

Para a quantificação de clorofilas em diferentes tratamentos de nutrição mineral em canaviais não foram observadas diferenças entre o método destrutivo (leitura de extrato em DMSO por espectrofotômetro) e o não destrutivo (clorofilômetros portáteis, ClorofiLOG CFL 1030 e SPAD 502)

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se o uso de ClorofiLOG CFL 1030 e/ou SPAD 502 para avaliação rápida em campo, já que os mesmos são equipamentos de leitura não invasiva e não destrutiva com a vantagem de proporcionar maior agilidade no processo de leitura. Adicionalmente apresentaram correlação significativa entre si e menores valores de coeficiente de variação dos dados quando comparados com o método destrutivo.

Conflitos de interesse

Não houve conflito de interesses dos autores.

Contribuição dos autores

Flávia Santana Ribeiro - ideia original, leitura e interpretação das obras e escrita; Lorena Gabrielle Fernandes Alves - escrita e correções; Carlos André Gonçalves - orientação, correções e revisão do texto.

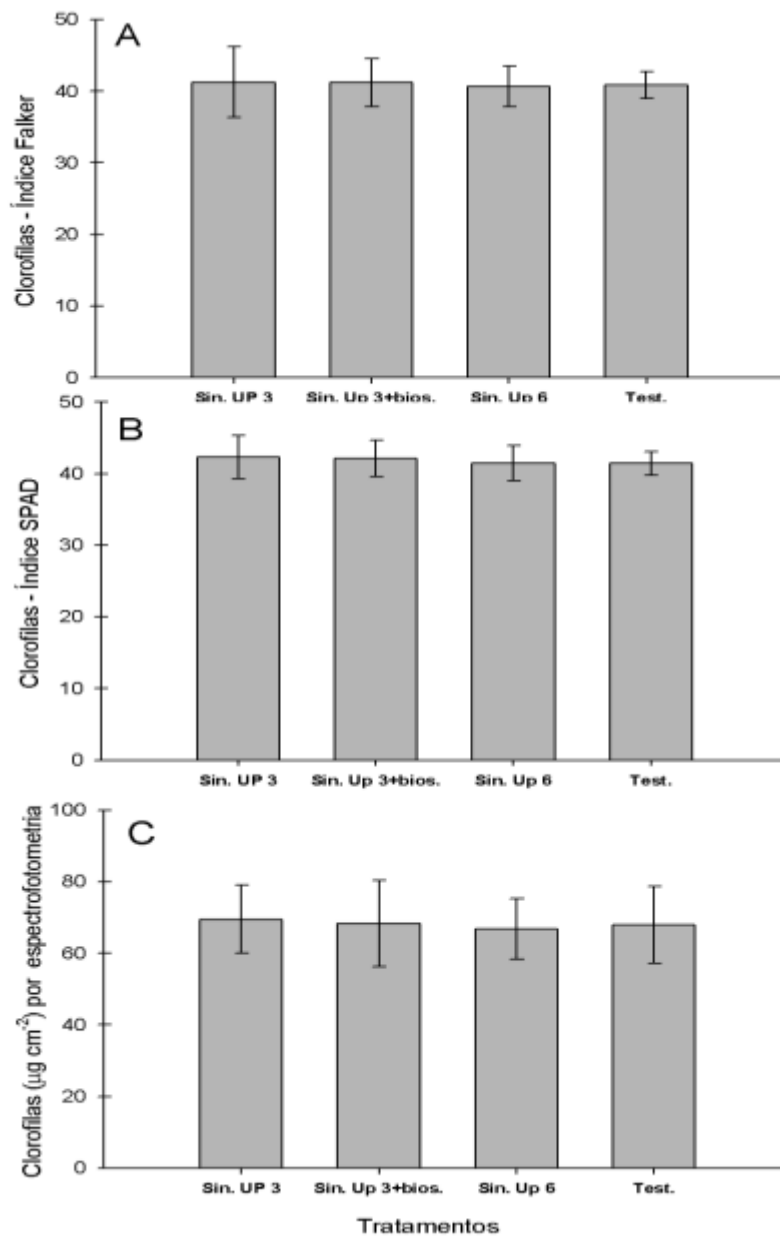


Figura 1 - Índices de clorofilas totais em folhas de cana-de-açúcar tratadas com fertilizantes organominerais, obtidos por meio de diferentes equipamentos. ClorofiLOG CFL 1030 (A), SPAD 502 (B) e espectrofotômetro UV- Vis SP22 (C). Os dados são médias e desvio-padrão de 05 repetições. Fonte: Autor, (2020).

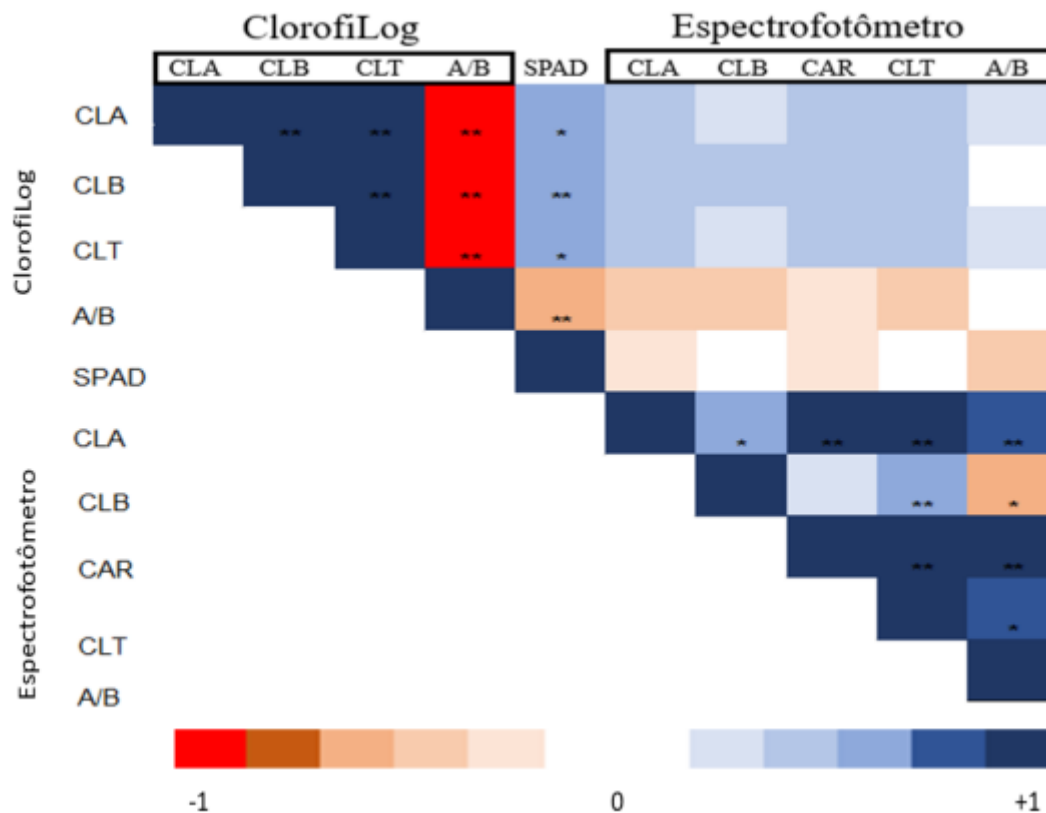


Figura 2 - Correlações de Pearson representada em Heatmap obtidas entre as variáveis de plantas de cana-de- açúcar fertilizadas com organominerais. SPAD: Índice SPAD. CLA: clorofila a. CLB: clorofila b. CLT: clorofilas totais. A/B: razão entre clorofilas a e b pelo ClorofiLOG. CLA: clorofila a. CLB: clorofila b. CAR: carotenoide. CLT: clorofilas totais. A/B: razão entre clorofilas a e b pelo espectrofotômetro. CLA/B: razão entre clorofilas a e b. Significância: *($p \leq 0.05$), ** ($p \leq 0.01$). Fonte: Autor, (2020).

Referências bibliográficas

- CAMARGO, O. A. Disposição de lodo de esgoto em solo agrícola: instrumental para o pensamento. *In: Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, cap. 3, p. 37-44, 2006.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra 215 brasileira cana-de-açúcar. Observatório Agrícola, Brasília, v.3, n.4, p. 1-77, abril 2017.
- CORRÊA, R. S.; FONSECA, Y. M. F.; CORRÊA, A. S. Produção de biossólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 4, p. 420-426, 2007. <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/g3QB6YbvjpGBRr5vhSQX7nc/?lang=pt>
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh>
- KUKI, K. N. et al. Avaliação da eficiência do dimetilsulfóxido na extração de pigmentos foliares de *Schinus terebenthifolius* e *Cocos nucifera*. *In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 10 e Congresso Latino-Americano de Fisiologia Vegetal, 12, Recife. Anais SBFV*. CD Rom, 2005.

- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v. 148, p. 350-382, 1984. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0076687987480361>
- MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, E. M. de; SILVA, A. P. O. da; ALVES, E. Teores de pigmentos fotossintéticos e estrutura de cloroplastos de alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, 2010. <https://www.scielo.br/j/cr/a/h47QcTGDk9dq7mQJ3S5PjcF/?lang=pt>
- MOTA, J. C.; ALMEIDA, M. M.; ALENCAR, V. C.; CURTI, W. F. **Características e impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos: uma visão conceitual**. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/21942/14313>>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- NETTO, A. T.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G. de; BRESSAN-SMITH, R. E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v. 104, n. 2, p. 199-209, 2005. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442380400189X>
- OLIVEIRA, M. I.; CASTRO, E. M.; COSTA, L. C. B.; OLIVEIRA, C. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisia vulgaris* L cultivada sob telas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 1, p. 56-62, 2009. <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/x6Vz7v7HD7mMC9JY7rPJ88q/?lang=pt>
- ORLANDO FILHO, J.; CARMELLO, Q. A. de C.; PEXE, C. A.; GLORIA, A. M. Adubação de soqueiras de cana-de-açúcar sob dois tipos de despalha: cana crua x cana queimada. **Revista Stab**, v.12, n.4, p.7-11, 1994. <https://repositorio.usp.br/item/000861810>
- RICHARDSON, A. D.; DUIGAN, S. P.; BERLYN, G. P. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. **New Phytologist**, v. 153, n. 1, p. 185-194, 2002. <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.0028-646X.2001.00289.x>
- SILVA, M. de A.; SANTOS, C. M. dos; VITORINO, H. dos S.; RHEIN, A. F. de L. Pigmentos fotossintéticos e índice spad como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 173-181, 2014. <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/15057>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- VITTI, A. C. **Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia: manejo e efeito na produtividade**. 114f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0176161711811922>

Recebido em 14 de junho de 2022
Retornado para ajustes em 5 de julho de 2022
Recebido com ajustes em 7 de julho de 2022
Aceito em 11 de julho de 2022