



TOLERÂNCIA FISIOLÓGICA DE PLANTAS OLEAGINOSAS AO DÉFICIT HÍDRICO¹

L. M. de F. Moura², A. C. Costa³, C. Müller⁴, R. de O. Silva Filho⁵, P. F. Batista⁶, R. G. Vital⁷

RESUMO: O déficit hídrico pode comprometer o desempenho fotossintético e, conseqüentemente, a produtividade de *Raphanus sativus* L. e *Crambe abyssinica* Hochst no cultivo de entressafra, o qual é caracterizado pela estação seca. Desse modo, objetivou-se avaliar os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* de *R. sativus* e *C. abyssinica* submetidas à restrição hídrica, como método não invasivo. Experimentos independentes foram conduzidos em campo, na área experimental do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, sob delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em três reposições hídricas (100, 66 e 33% da capacidade de campo) e três tempos de avaliação. As medições foram realizadas aos 10, 15 e 21 dias de aplicação dos tratamentos para o *R. sativus*, e aos 13, 17 e 24 dias de aplicação dos tratamentos para o *C. abyssinica*. As respostas obtidas de rendimentos quânticos potencial (F_v/F_m) e efetivo (Y_{II}) do fotossistema II, taxa de transporte de elétrons (*ETR*) e coeficiente de dissipação não-fotoquímica (*NPQ*) evidenciam a ausência de danos fotoinibitórios nas plantas de *R. sativus* e *C. abyssinica* sob condição de estresse.

PALAVRAS-CHAVE: restrição hídrica, fotossíntese, mecanismos de adaptação.

PHYSIOLOGICAL TOLERANCE OF OILSEED PLANTS TO WATER DEFICIT

SUMMARY: Water deficit may compromise the photosynthetic performance and, consequently, the productivity of *Raphanus sativus* L. and *Crambe abyssinica* Hochst in off-season cultivation, which is characterized by the dry season. Thus, the objective of this study was to evaluate the chlorophyll *a* fluorescence parameters of *R. sativus* and *C. abyssinica* submitted to water restriction as a non-invasive method. Independent field experiments were

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias-Agronomia/IF Goiano – Campus Rio Verde.

² Doutoranda, Engenheira Agrônoma, IF Goiano, Rio Verde – Goiás. E-mail: lucianaminervina@gmail.com

³ Doutor, Professor do IF Goiano, Rio Verde – Goiás. E-mail: alcarcos@gmail.com

⁴ Doutora, Pesquisadora do IF Goiano, Rio Verde – Goiás. E-mail: caroline.muller@terra.com.br

⁵ Engenheiro Agrônomo, Rio Verde – Goiás. E-mail: robsonagro2015@gmail.com

⁶ Doutoranda, Bióloga, IF Goiano, Rio Verde – Goiás. E-mail: priscilaferreira.bio@gmail.com

⁷ Doutorando, Engenheiro Agrônomo, IF Goiano, Rio Verde – Goiás. E-mail: roberto.agro.vital@gmail.com

conducted at the experimental area of the Goiano Federal Institute - Rio Verde Campus, under a randomized block design, with four replications. The treatments consisted of three water replenishments (100, 66 and 33% of field capacity) and three evaluation times. Measurements were performed at 10, 15 and 21 days of treatment application for *R. sativus*, and at 13, 17 and 24 days of treatment application for *C. abyssinica*. The responses obtained from the potential (F_v/F_m) and effective (Y_{II}) quantum yields of photosystem II, electron transport rate (*ETR*) and non-photochemical quenching coefficient (*NPQ*) evidenced the absence of photoinhibitory damages in plants of *R. sativus* and *C. abyssinica* under stress conditions.

KEYWORDS: water restriction, photosynthesis, mechanisms of adaptation.

INTRODUÇÃO

Raphanus sativus L. var. *oleiferus* Metzg e *Crambe abyssinica* Hochst são culturas oleaginosas com grande potencial de inserção na cadeia de produção de biodiesel (Lalas et al., 2012; Shah et al., 2013). O óleo, rico em ácido erúico, é impróprio ao consumo humano, o que caracteriza as culturas como não-alimentícias e as tornam uma opção de matéria-prima para a indústria química (Chammoun et al., 2013). Outro benefício do uso de óleo vegetal como fonte alternativa de energia renovável está na redução da emissão de gases do efeito estufa (Zhu et al., 2016).

As características de boa produtividade, precocidade, rusticidade, baixa incidência de pragas e doenças e o cultivo totalmente mecanizado, tem despertado o interesse de produtores para o cultivo de *R. sativus* e *C. abyssinica* na entressafra, em sucessão à soja e ao milho (Carlsson et al., 2014; Oliveira et al., 2015). No entanto, a irregularidade e má distribuição das chuvas tem prejudicado o cultivo de entressafra em várias regiões produtoras do Centro-Oeste do Brasil. O déficit hídrico causa a inibição da fotossíntese, comprometendo a produtividade das culturas (Claeys e Inzé, 2013). Sob condição de seca, a planta reage fechando os estômatos, o que leva a reduções na taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática e transpiração (Campos et al., 2014). O declínio na eficiência fotoquímica do fotossistema II provém de danos causados pela limitação de água aos centros de reação do FSII, associados a degradação da proteína D1 (Batra et al., 2014). Neste caso, o uso da técnica da imagem de fluorescência da clorofila *a* possibilita o monitoramento da atividade fotoquímica da fotossíntese e o mapeamento das alterações em folhas afetadas pela condição de estresse, antes mesmo do aparecimento dos sintomas visuais (Silveira et al., 2015).

Considerando o crescente interesse no cultivo de *R. sativus* e *C. abyssinica* para exploração comercial do óleo e uso no sistema de rotação de culturas, torna-se essencial a execução de estudos que gerem dados para o estabelecimento de estratégias de manejo para estas culturas. E que possibilitem a inclusão e consolidação destas espécies na cadeia produtiva de oleaginosas para produção de biodiesel.

Diante do exposto, trabalhou-se neste estudo com a hipótese que a capacidade de ajuste fisiológico do *R. sativus* e do *C. abyssinica* confere a estas espécies tolerância à restrição hídrica. Desse modo, objetivou-se avaliar os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* de *R. sativus* e *C. abyssinica* submetidas à restrição hídrica, como método não invasivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimentos independentes foram conduzidos em campo na área experimental do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, Goiás, Brasil, durante o período de maio a julho de 2015. O clima da região é do tipo Aw (Köppen-Geiger) – tropical, com uma estação chuvosa durante o verão (outubro – maio) e outra seca no inverno (junho – setembro), com precipitação entre 1500 e 1800 mm e temperatura de 20 a 35°C, médias anuais. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), de textura média (Embrapa, 2013). As análises químicas do solo foram realizadas nas faixas de profundidade de 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m (Tabela 1). A correção e a adubação do solo foram baseadas na análise química do solo (Souza e Lobato, 2004).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelas reposições hídricas: 100% da capacidade de campo (CC) - controle, 66% CC e 33% CC, e as subparcelas pelos três tempos de avaliação da fluorescência da clorofila: 10, 15 e 21 DAT para o *R. sativus* e 13, 17 e 24 DAT para o *C. abyssinica*.

As cultivares de *Raphanus sativus* L. e *Crambe abyssinica* Hochst utilizadas foram CATI AL 100 E FMS Brilhante, respectivamente. A semeadura foi manual, distribuindo-se 20 sementes por metro linear de sulco de plantio na profundidade de 0,02 m. As parcelas foram compostas por seis linhas de semeadura, com espaçamento de 0,50 m entre linhas, e 6,5 m de comprimento o sulco de plantio (3,0 x 6,5 m). A área útil foi composta pelas quatro linhas centrais, desprezando 0,50 m nas extremidades de cada parcela. As avaliações da imagem da fluorescência da clorofila *a* foram realizadas utilizando plantas aleatórias dentro da área útil de cada unidade experimental.

Após a semeadura, as plantas foram irrigadas diariamente até o estabelecimento das culturas. Posteriormente, a irrigação foi suspensa até que a tensão de água no solo atingisse a tensão crítica de 25 kPa, quando então foram aplicados os tratamentos de reposição hídrica. As lâminas de irrigação equivalentes as reposições hídricas de 100%, 66% e 33% da capacidade de campo (CC) foram impostas durante o estágio de crescimento vegetativo e mantidas até o final do ciclo das culturas.

As culturas foram irrigadas pelo método localizado de gotejamento superficial. Utilizou-se um modelo de tubo gotejador com vazão nominal de 1,0 L h⁻¹, diâmetro nominal 17 mm, pressão máxima de trabalho de 0,09 MPa e espaçamento entre gotejadores de 0,50 m. A necessidade de irrigação foi determinada com base na tensão crítica de 25 kPa e conduzida com base em tensiometria digital de punção $\pm 0,1$ kPa. Os tensiômetros foram instalados na profundidade de 0,20 m, em paralelo a linha de plantio, com leitura em dias alternados do potencial matricial (Ψ_w).

As medições da fluorescência da clorofila *a* foram realizadas com o auxílio do fluorômetro portátil modulado MINI-PAM (Heinz Walz, Effeltrich, Germany). Para a obtenção das imagens da fluorescência da clorofila *a* foi utilizado o fluorômetro modulado Imaging-PAM (Heinz Walz, Effeltrich, Germany). Os sinais de fluorescência em todos os pontos da área foliar analisada foram capturados por uma câmara CCD (*Charge Coupled Device*) acoplada ao aparelho que forneceu as imagens para o computador (Oxborough, 2004). Inicialmente foram avaliadas as folhas adaptadas ao escuro, com as plantas aclimatadas por pelo menos 60 minutos a esta condição. As variáveis de indução de fluorescência obtidas foram: fluorescência inicial (F_0) e fluorescência máxima (F_m) e calculado o rendimento quântico potencial do fotossistema II (FSII), $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ (Genty et al., 1989). As variáveis da fase lenta de indução da fluorescência foram obtidas sequencialmente com a aplicação de uma iluminação actínica e um pulso de luz actínica saturante para a determinação das variáveis de fluorescência em amostra adaptada à luz antes do pulso de saturação (F) e fluorescência máxima em amostra adaptada à luz (F_m'). Tendo como referência esses parâmetros, foi possível calcular a fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado, $F_0' = F_0 / [(F_m - F_0)/F_m + (F_0/F_m')]$ (Oxborough e Baker, 1997). O rendimento quântico efetivo de conversão fotoquímica de energia no FSII, $Y_{II} = (F_m' - F)/F_m'$ foi calculado de acordo com Genty et al., 1989. O Y_{II} foi utilizado ainda para estimar a taxa aparente de transporte de elétrons, $ETR = Y_{II} \cdot PAR \cdot Abs_{leaf} \cdot 0,5$ (Bilger et al., 1995), em que PAR é o fluxo de fótons ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) incidente sobre a folha; Abs_{leaf} é a fração de luz incidente absorvida pelas folhas; e 0,5 é o valor correspondente à fração de energia de excitação distribuída para o FSII (Laisk e Loreto, 1996). O coeficiente de extinção não fotoquímico

(NPQ), $NPQ = (F_m - F_m')/F_m'$, foi calculado conforme Bilger e Björkman, (1990). As medições de fluorescência da clorofila *a* foram realizadas em folhas completamente expandidas, situadas no terço médio das plantas.

Os dados fisiológicos obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F ($p < 0,01$; $p < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) utilizando o programa Sistema de Análise de Variância (SISVAR, versão 5.3).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características de fluorescência da clorofila *a*, de modo geral, não foram afetadas pelo déficit hídrico em *R. sativus* e *C. abyssinica*, em relação aos respectivos controles (Tabela 2, Figura 1). Para o *R. sativus*, a menor F_v/F_m foi obtida aos 10 DAT. A razão F_v/F_m reflete a quantidade da energia capturada pelos centros de reação do FSII que pode estar sendo direcionada para a fotossíntese (Genty et al., 1989). Com 15 DAT e 21 DAT foram detectados os maiores valores de Y_{II} e os menores valores de ETR e NPQ . O aumento foi de 33% no Y_{II} , com reduções de até 41% na ETR e 53% no NPQ em relação aos 10 DAT (Tabela 2). O decaimento da razão F_v/F_m , do Y_{II} e da ETR indicam uma baixa regulação da fotossíntese, ocasionada pela inativação da atividade do FSII em plantas sob estresse (Rahbarian et al., 2011). Sob condição de seca, os danos oxidativo, causado pela formação de espécies reativas de oxigênio (ERO), ou fotoinibitórios limitam a atividade fotossintética (Batra et al., 2014).

Para o *C. abyssinica* a razão F_v/F_m diferiu aos 13, 17 e 24 DAT (Tabela 2, Figura 1). Vale ressaltar que, para as duas espécies, a razão F_v/F_m se manteve próxima a 0,83, o que indica a ausência de danos fotoinibitórios. Em condições ambientais normais os valores de F_v/F_m estão entre 0,75 e 0,85, decréscimos são indicativos de plantas sob estresse (Maxwell e Johnson, 2000). Além disso, este parâmetro é pouco afetado pelo déficit hídrico devido a elevada resistência do fotossistema II a este fator de estresse (Yordanov et al., 2003). O Y_{II} aumentou em até 28% com 24 DAAT em relação aos 13 DAAT. Os maiores valores de ETR foram obtidos aos 17 DAT. O NPQ diminuiu acentuadamente aos 24 DAT. Em média, a redução foi de 58% em comparação aos 13 DAT. A fim de evitar danos fisiológicos as plantas sob condição de estresse aumentam a dissipação do excesso de energia absorvido (Batra et al., 2014).

No caso de *R. sativus* e de *C. abyssinica*, a ausência de alterações na fluorescência de clorofila *a* comprovam o bom funcionamento da maquinaria fotossintética e a capacidade fotossintética destas espécies sob condição de déficit hídrico (Tabela 2, Figura 1). Plantas tolerantes ao déficit hídrico têm sido descritas por manterem o conteúdo de clorofila *a*, as quais

estão associadas com a captação de luz e eficiência fotossintética (Khanna-chopra e Selote, 2007).

CONCLUSÕES

As respostas de fluorescência da clorofila *a* evidenciam a ausência de danos fotoinibitórios nas plantas de *R. sativus* e *C. abyssinica* sob condição de déficit hídrico, o que comprova a tolerância destas espécies à seca.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde (IFGoiano) pelo apoio financeiro nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATRA, N.G.; SHARMA, V.; KUMARI, N. Drought-induced changes in chlorophyll fluorescence, photosynthetic pigments, and thylakoid membrane proteins of *Vigna radiate*. *Journal of Plant Interactions*, v.9, n.1, p.712-721, 2014.

BILGER, W.; BJÖRKMAN, O. Role of xanthophyll cycle in photoprotection elucidated by measurements of light induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in leaves of *Hedera canariensis*. *Photosynthesis Research*, v.25, p.173-185, 1990.

BILGER, W.; SCHREIBER, U.; BOCK, M. Determination of the quantum efficiency of photosystem II and of non-photochemical of chlorophyll fluorescence in the field. *Oecologia*, v.102, p.425-432, 1995.

CAMPOS, H.; TREJO, C.; PEÑA-VALDIVIA, C.; GARCÍA-NAVA, R.; CONDE-MARTÍNEZ, F.V.; CRUZ-ORTEGA, M.R. Stomatal and non-stomatal limitations of bell pepper (*Capsicum annum* L.) plants under water stress and re-watering: Delayed restoration of photosynthesis during recovery. *Environmental and Experimental Botany*, v.98, p.56-64, 2014.

CARLSSON, A.S.; ZHU, L.H.; ANDERSSON, M.; HOFVANDER, P. Platform crops amenable to genetic engineering – a requirement for successful production of bio-industrial oils through genetic engineering. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* v.3, p.58-64, 2014.

CHAMMOUN, N.; GELLER, D.P.; DAS, K.C. Fuel properties, performance testing and economic feasibility of *Raphanus sativus* (oilseed radish) biodiesel. *Industrial Crops and Products*, v.45, p.155-159, 2013.

CLAEYS, H.; INZÉ, D. The agony of choice: How plants balance growth and survival under water-limiting conditions. *Plant Physiology*, v. 162, p. 1768-1779, 2013.

EMBRAPA SOLOS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

GENTY, B., BRIANTAIS, J.M.; BAKER, N.R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*, v.990, p.87-92, 1989.

KHANNA-CHOPRA, R.; SELOTE, D.S., 2007. Acclimation to drought stress generates oxidative stress tolerance in drought-resistant than -susceptible wheat cultivar under field conditions. *Environmental Experimental Botany*, v.60, p.276-283, 2007.

LAISK, A.; LORETO, F. Determining photosynthetic parameters from leaf CO₂ exchange and chlorophyll fluorescence. *Plant Physiology*, v.110, p.903-912, 1996.

LALAS, S.; GORTZI, O.; ATHANASIADIS, V.; DOURTOGLOU, E.; DOURTOGLOU, V. Full characterization of *Crambe abyssinica* Hochst seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v.89, p.2253-2258, 2012.

LIU, L.; GAN, Y.T.; BUECKERT, R.; VAN RESS, K. Rooting systems of oilseed and pulse crops. II: Vertical distribution patterns across the soil profile. *Field Crops Research*, v.122, p.248-255, 2011.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. Chlorophyll fluorescence a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, v.51, p.659-668, 2000.

OLIVEIRA, I.P.; SOUZA, A.F.; LESCANO, C.H.; CAIRES, A.R.L.; MUZZI, R.M. Thermal oxidation analysis of forag turnip (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.) oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v.92, p.403-408, 2015.

OXBOROUGH, K. Imaging of chlorophyll a fluorescence: theoretical and practical aspects of an emerging technique for the monitoring of photosynthetic performance. *Journal of Experimental Botany*, v.55 (400), p.1195-1205, 2004.

OXBOROUGH, K.; BAKER, N.R. An instrument capable of imaging chlorophyll a fluorescence from intact leaves at very low irradiance and at the cellular and sub-cellular levels of organization. *Plant, Cell and Environment*, v.20, p.1473-1483, 1997.

RAHBARIAN, R.; KHAVARI-NEJAD, R.; GANJEALI, A.; BAGHERI, A.; NAJAFI, F. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, v.53, n.1, p.47-56, 2011.

SHAH, S.N.; IHA, O.K.; ALVES, F.C.S.C.; SHARMA, B.K.; ERHAN, S.Z.; SUAREZ, P.A.Z. Potential application of turnip oil (*Raphanus sativus* L.) for biodiesel production: physical-chemical properties of neat oil, biofuels and their blends with ultra-low sulphur diesel (ULSD). *Bioenergy Research*, v.6, p.841-850, 2013.

SILVEIRA, P.R., NASCIMENTO, K.J.T.; ANDRADE, W.M.S.; BISPO, J.R.; OLIVEIRA, F.A. Physiological changes in tomato leaves arising from *Xanthomonas gardneri* infection. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v.92, p.130-138, 2015.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416p.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant responses to drought and stress tolerance. *Bulgarian Journal Plant Physiology, Special Issue*, p.187-206, 2003.

ZHU, L.H.; KRENS, F.; SMITH, M.A.; LI, X.; QI, W.; VAN LOO, E.N.; IVEN, T.; FEUSSNER, I.; NAZARENUS, T.J., HUAI, D.; TAYLOR, D.C., ZHOU, X.R.; GREEN, A.G.; SHOCKEY, J.; KLASSON, K.T., MULLEN, R.T.; HUANG, B.; DYER, J.M.; CAHOON, E.B. Dedicated industrial oilseed crops as metabolic engineering platforms for sustainable industrial feedstock production. *Scientific Reports*, v.6, p.22181, 2016.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental. Fonte: Solo Forte – Laboratório de Análise Agrícola. Rio Verde, GO, Brasil, 2015.

Profundidade	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
(m)	CaCl ₂	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)(mmolc dm ⁻³).....							%
0,00 – 0,20	5,0	49,5	2,05	3,7	15,5	13,1	0,04	31,4	32,3	63,7	50,7
0,20 – 0,40	5,0	44,3	1,43	3,2	12,1	10,1	0,04	29,5	25,4	54,9	46,3

* pH da solução do solo em CaCl₂. Extrator de P: fósforo, K: potássio e micronutrientes, Melhich. M.O: matéria orgânica. H+Al: acidez total do solo; SB: soma das bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: porcentagem de saturação por bases do solo (relação SB/CTC).

Tabela 2. Rendimento quântico potencial do fotossistema II (F_v/F_m), Rendimento quântico efetivo do fotossistema II (Y_{II}), taxa de transporte de elétrons (ETR , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e coeficiente de dissipação não-fotoquímica (NPQ) em *R. sativus* e *C. abyssinica* submetidas a três reposições hídricas: 100% da capacidade de campo (CC; controle), 66% CC e 33% CC em três dias após a aplicação dos tratamentos (DAT).

DAT	RH	F_v/F_m	Y_{II}	ETR	NPQ
<i>R. sativus</i>					
10	Controle	0,80±0,01 Ab	0,37±0,03 Ab	280±22,8 Aa	0,91±0,08 Aa
	66	0,80±0,01 Ab	0,38±0,02 Ab	275±17,0 Aa	0,89±0,16 Aa
	33	0,80±0,02 Ab	0,40±0,08 Ab	268±56,2 Aa	0,75±0,12 Aa
15	Controle	0,81±0,01 Aa	0,57±0,01 Aa	137±10,1 Ab	0,38±0,07 Ab
	66	0,82±0,01 Aa	0,58±0,01 Aa	152±10,0 Ab	0,34±0,05 Ab
	33	0,82±0,01 Aa	0,57±0,02 Aa	138±8,21 Ab	0,37±0,09 Ab
21	Controle	0,82±0,01 Aa	0,55±0,01 Aa	150±23,7 Ab	0,44±0,05 Ab
	66	0,82±0,01 Aa	0,57±0,04 Aa	163±5,62 Ab	0,44±0,10 Ab
	33	0,82±0,02 Aa	0,59±0,02 Aa	172±5,47 Ab	0,32±0,07 Ab
	RH	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	DAT	**	**	**	**
	RH × DAT	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Bloco	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	C.V. RH (%)	2,29	6,97	10,90	16,06
	C.V. DAT (%)	1,37	7,27	12,09	18,25
<i>C. abyssinica</i>					
13	Controle	0,81±0,005 Ac	0,40±0,07 Ac	152±29,0 Ab	1,16±0,37 Aa
	66	0,81±0,003 Ac	0,39±0,07 Ac	140±15,0 Ab	1,28±0,29 Aa
	33	0,81±0,005 Ac	0,44±0,02 Ac	152±16,0 Ab	0,93±0,13 Aa
17	Controle	0,83±0,005 Ab	0,47±0,09 Ab	167±17,4 Aa	1,00±0,46 Aa
	66	0,83±0,001 Ab	0,49±0,06 Ab	177±23,6 Aa	1,00±0,33 Aa
	33	0,82±0,006 Ab	0,50±0,06 Ab	177±20,9 Aa	0,79±0,39 Aa
24	Controle	0,82±0,011 Aa	0,57±0,03 Aa	133±14,6 Ab	0,44±0,15 Ab
	66	0,82±0,008 Aa	0,58±0,02 Aa	138±16,7 Ab	0,42±0,07 Ab
	33	0,81±0,008 Aa	0,55±0,02 Aa	131±2,58 Ab	0,55±0,26 Ab
	RH	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	DAT	**	**	**	**
	RH × DAT	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Bloco	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	C.V. RH (%)	1,42	14,78	12,07	41,04
	C.V. DAT (%)	0,72	8,96	13,29	29,30

* Análise fatorial significativa ($p \leq 0,05$).

Média ± DP ($n=4$) seguida pela mesma letra, maiúsculas entre as reposições hídricas e minúsculas entre DAT, não diferem significativamente entre si, conforme determinado pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

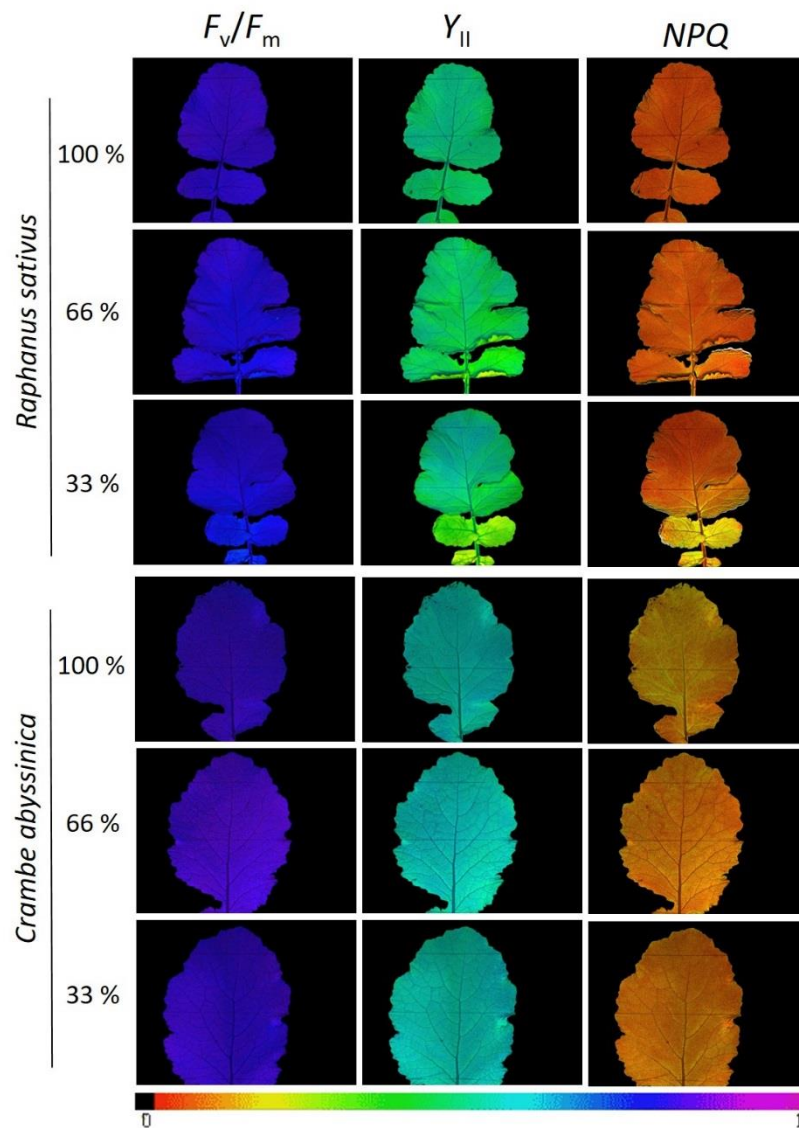


Figura 1. Rendimento quântico potencial do fotossistema II (F_v/F_m), Rendimento quântico efetivo do fotossistema II (Y_{II}), taxa de transporte de elétrons (ETR , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e coeficiente de dissipação não-fotoquímica (NPQ) em folhas de *R. sativus* aos 15 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), e *C. abyssinica* submetidas a três reposições hídricas: 100% da capacidade de campo (CC; controle), 66% CC e 33% CC aos 17 DAT.