

TROCAS GASOSAS DO MARACUJAZEIRO-AZEDO EM FUNÇÃO DA NATUREZA CATIÔNICA DA ÁGUA E ÁCIDO SALICÍLICO

Francisco Jean da Silva Paiva¹, Rafaela Aparecida Frazão Torres², Geovani Soares de Lima³,
Lauriane Almeida dos Anjos Soares⁴, Alan Keis Chaves Almeida⁵, Vera Lúcia Antunes de
Lima⁶

RESUMO: Objetivou-se avaliar as trocas gasosas do maracujazeiro-azedo 'BRS SC1' em função da irrigação com águas de distintas naturezas catiônicas e aplicação exógena de ácido salicílico. O estudo foi conduzido em casa de vegetação em Pombal, PB. Empregou-se o delineamento em blocos casualizados, com arranjo fatorial 6×4 , sendo seis composições catiônicas da água de irrigação (S₁ - Testemunha; S₂ - Na⁺; S₃ - Ca²⁺; S₄ - Na⁺ + Ca²⁺; S₅ - Mg²⁺ e S₆ - Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺), e quatro concentrações de ácido salicílico - ACI (0; 1,0; 2,0 e 3,0 mM) com três repetições e duas plantas por parcela, totalizando 144 unidades experimentais. A salinidade da água comprometeu as trocas gasosas do maracujazeiro-azedo, aos 45 dias após a semeadura. A concentração de 3,0 mM de ácido salicílico promoveu aumento na condutância estomática das plantas de maracujazeiro-azedo irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹, aos 45 dias após o semeio.

PALAVRAS-CHAVE: estresse salino, fruticultura, semiárido brasileiro

GAS EXCHANGES OF THE PASSION FRUIT-SORRY AS A FUNCTION OF THE CATIONIC NATURE OF THE WATER AND SALICYLIC ACID

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the gas exchange of passion fruit 'BRS SC1' as a function of irrigation with water of different cationic nature and exogenous application of salicylic acid. The study was conducted in a greenhouse in Pombal, PB. The study was conducted in a greenhouse in Pombal, PB. A randomized block design, with a 6×4 factorial

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande. Fone: (83) 99694-2079. E-mail: je.an_93@hotmail.com

² Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: rafaelatorres1997@gmail.com

³ Professor Doutor, Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: geovanisoareslima@gmail.com

⁴ Professora Doutora, Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: laurispo.agronomia@gmail.com

⁵ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: alankeisc@gmail.com

⁶ Professora Doutora, Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: vera.lucia@professor.ufcg.edu.br

arrangement, with six cationic irrigation water compositions was used (S₁ - Control; S₂ - Na⁺; S₃ - Ca²⁺; S₄ - Na⁺ + Ca²⁺; S₅ - Mg²⁺ and S₆ - Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺), and four concentrations of salicylic acid - ACI (0; 1.0; 2.0 and 3.0 mM) with three replications and two plants per plot, totaling 144 units experimental. The salinity of the water compromised the gas exchange of the passion fruit, 45 days after sowing. The concentration of 3.0 mM of salicylic acid promoted an increase in the stomatal conductance of passion fruit plants irrigated with 0.3 dS m⁻¹ water, 45 days after sowing.

KEYWORDS: salt stress, fruit growing, bazilian semiarid

INTRODUÇÃO

No Brasil, a fruticultura é uma das principais fontes de geração de emprego e renda, possibilitando o desenvolvimento de agroindústrias processadoras de frutas, e por consequência favorecendo a expansão de polos frutícolas (SANTOS et al., 2017). Amplamente cultivado no semiárido nordestino, o maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims) é uma frutífera de alta rentabilidade (ARAÚJO et al., 2012).

No ano de 2020 o Brasil produziu 690.364 toneladas de maracujá, sendo deste total, 491.326 toneladas oriundas da região Nordeste, o que corresponde a mais de 71% de toda a produção nacional. (IBGE, 2021). A Paraíba obteve produção de 10.076 toneladas de frutos e rendimento médio produtivo de 9.607 kg ha⁻¹, valor este muito abaixo do rendimento médio produtivo da região Nordeste (IBGE, 2021). Se feito um ranqueamento, a Paraíba no ano de 2020 ficou em sexto lugar entre os nove estados nordestinos.

O clima no semiárido brasileiro, apesar de ser propício para o cultivo do maracujazeiro-azedo, impede sua expansão devido aos altos níveis de sais presentes na água de irrigação e variação na composição catiônica da água, reduzindo por estimular modificações fisiológicas que comprometem o crescimento e o desenvolvimento (MEDEIROS et al., 2016).

O ácido salicílico é um composto fenólico produzido naturalmente pelas plantas e está envolvido em processos relacionados ao crescimento e a aspectos fisiológicos, como abertura e fechamento estomático, transpiração além de absorção de íons e fotossíntese (SILVA et al., 2020). Neste contexto, a aplicação exógena de ácido salicílico vem sendo utilizada como alternativa na atenuação ao estresse salino, devido a sua atuação como molécula sinalizadora no mecanismo de defesa da planta (SILVA et al., 2018).

Com isto, se faz necessário o desenvolvimento de novas pesquisas que investiguem os efeitos da salinidade da água a partir dos diferentes cátions presentes na água de irrigação sobre

a cultura do maracujazeiro-azedo. Ante o exposto, objetivou-se avaliar as trocas gasosas do maracujazeiro-azedo 'BRS SC1' em função da natureza catiônica da água de irrigação e aplicação exógena de ácido salicílico durante a fase de formação de mudas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condição de casa de vegetação, pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal-PB. Os tratamentos resultaram da combinação entre dois fatores: seis composições catiônicas da água de irrigação (S_1 - Testemunha; S_2 - Na^+ ; S_3 - Ca^{2+} ; S_4 - $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+}$; S_5 - Mg^{2+} e S_6 - $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), de modo a se ter uma proporção equivalente de 1:1 entre $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$ e 7:2:1, entre $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, respectivamente, associados a quatro concentrações de ácido salicílico – ACI (0; 1,0; 2,0 e 3,0 mM).

As plantas referentes ao tratamento testemunha (S_1) foram irrigadas com água de condutividade elétrica (CEa) de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, enquanto que os demais tipos de água (S_2 ; S_3 ; S_4 ; S_5 e S_6) utilizou-se um nível de CEa de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, preparada com diferentes cátions, em forma de cloreto. O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados em arranjo fatorial 6×4 com três repetições, sendo cada parcela constituída de 2 plantas, totalizando 144 unidades experimentais.

Utilizaram-se neste experimento sementes do maracujazeiro-azedo cv. BRS Sol do Cerrado ('BRS SC1'). Para a obtenção das mudas de maracujazeiro foi realizado o semeio colocando-se 3 sementes em recipientes de polietileno com dimensões de 15 x 30 cm, preenchidas com uma proporção de 2:1:1 de um Neossolo Regolítico (Psamments) de textura franco-arenosa, areia e matéria orgânica (esterco bovino bem curtido), proveniente da zona rural do município de São Domingos, PB, coletado na profundidade de 0-20 cm.

As sacolas foram distribuídas de forma equidistante, apoiados em bancadas a uma altura de 0,80 m do solo. As características físicas e químicas de solo obtidas conforme a metodologia propostas por Teixeira et al. (2017) estão dispostas na Tabela 1.

As águas de irrigação foram obtidas a partir da adição dos sais de Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} em forma de cloreto, conforme os tratamentos pré-estabelecidos tomando-se, como base, a água proveniente do sistema de abastecimento local de Pombal-PB, cuja quantidade determinada, levando em consideração a relação entre a CEa e a concentração de sais (RICHARDS, 1954).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.

Características químicas								
pH H ₂ O	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
(1:2,5)	g kg ⁻¹	(mg kg ⁻¹)cmolc kg ⁻¹					
5,58	2,93	39,2	0,23	1,64	9,07	2,78	0,0	8,61
.....Características químicas.....		Características físicas.....					
CE _{es}	CTC	RAS	PST	Fração granulométrica			Umidade (dag kg ⁻¹)	
(dS m ⁻¹)	cmolc kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	(g kg ⁻¹)			33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²
2,15	22,33	0,67	7,34	Areia	Silte	Argila	25,91	12,96
				572,7	100,7	326,6		

pH – Potencial hidrogeniônico, M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; ^{1,2} referindo a capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

Os sais adicionados à água de irrigação apresentavam pureza de 99%; após a preparação e a calibração da CEa, utilizando-se de um condutivímetro portátil, as águas foram armazenadas em caixas d'água de 150 L de capacidade, uma para cada nível de CEa, devidamente protegidas, de modo a se evitar a evaporação. As concentrações de ácido salicílico foram preparadas através da diluição do ácido salicílico P.A em 30% de álcool etílico (99,5%) e 70% de água destilada.

O início das aplicações com o ácido salicílico se deu 15 dias após a emergência das plantas e posteriormente foram realizadas com intervalos de 12 dias, pulverizando-se de modo a se obter o molhamento completo das folhas, (faces abaxial e adaxial das folhas), utilizando-se de um borrifador, cujas aplicações foram realizadas a partir das 17:00 horas. As adubações foram realizadas através de fertirrigação, conforme recomendação de Novais et al. (1991).

Os efeitos dos distintos tratamentos sobre a cultura do maracujazeiro-azedo foram mensurados aos 45 dias após o semeio (DAS), através da taxa de assimilação de CO₂ (A) (μmol m⁻²s⁻¹), da transpiração (E) (mol H₂O m⁻¹ s⁻¹), concentração interna de CO₂ (Ci) (μmol m⁻² s⁻¹) e da condutância estomática (gs) (mol de H₂O m⁻¹ s⁻¹), usando-se o equipamento portátil de medição de fotossíntese (IRGA) denominado “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda.

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste F. Nos casos de significância, foi realizado teste de agrupamento de médias pelo teste de Tukey (p≤0,05) para a natureza catiônica da água de irrigação, e análise de regressão polinomial (p≤0,05) para as concentrações de ácido salicílico, utilizando-se do software estatístico SISVAR-ESAL versão 5.6 (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo das distintas naturezas catiônicas da água de irrigação sobre as variáveis de taxa de assimilação de CO₂ e transpiração (p≤0,05) (Tabela 2). A interação entre os fatores (NCA × ACI) influenciou de forma significativa a condutância estomática das plantas

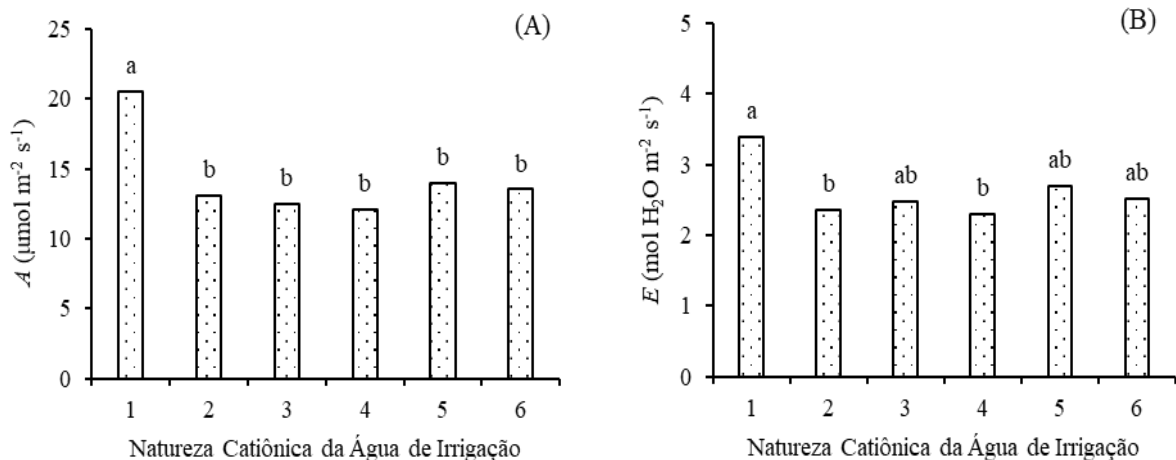
de maracujazeiro-azedo, aos 45 DAS. A aplicação de distintas águas catiônicas e doses de ácido salicílico não influenciaram na concentração interna de CO₂ (Ci).

Tabela 2. Resumo da análise de variância referente à taxa de assimilação de CO₂ (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) e concentração interna de CO₂ (Ci) das plantas de maracujazeiro-azedo ‘BRS SC1’ irrigadas com água de diferentes naturezas catiônicas e aplicação exógena de ácido salicílico, aos 45 dias após o semeio.

FV	GL	Quadrados médios			
		A	E	gs	Ci
NCA	5	119,12**	1,94*	0,012**	820,31 ^{ns}
ACI	3	7,60 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,003 ^{ns}	2247,90 ^{ns}
NCA X ACI	15	18,94 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,006*	1385,71 ^{ns}
Bloco	2	29,52 ^{ns}	2,45*	0,018**	25556,22 ^{ns}
Resíduo	46	19,68	0,70	0,003	11,93
CV (%)		31,05	31,90	42,41	20,10

FV - Fonte de variação; GL - Grau de liberdade; NCA - Natureza Catiônica da Água; ACI - Ácido salicílico; CV - Coeficiente de variação; (*) significativo a 0,05; (**) significativo a 0,01 de probabilidade; (ns) não significativo.

A taxa de assimilação de CO₂ (A) (Figura 1A) das plantas cultivadas com água de baixa salinidade (S₁), diferiu estatisticamente dos demais tratamentos (S₂, S₃, S₄, S₅ e S₆). Ao se comparar o valor médio da taxa de assimilação de CO₂ das plantas irrigadas com água de baixa condutividade elétrica, observa-se um aumento de 7,51; 8,07; 8,47; 6,57 e 7,03 μmol m⁻² s⁻¹ em relação as distintas naturezas catiônicas S₂, S₃, S₄, S₅ e S₆, respectivamente. Não houve diferença estatística entre as distintas naturezas catiônicas da água de irrigação estudadas.



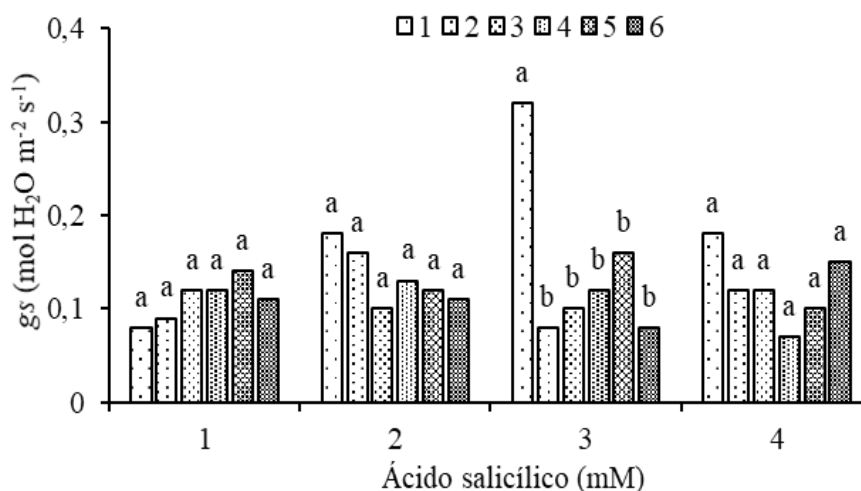
1 - Testemunha; 2 - Na⁺; 3 - Ca²⁺; 4 - Na⁺ + Ca²⁺; 5 - Mg²⁺; 6 - Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺. Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a (p≤0,05).

Figura 1. Taxa de assimilação de CO₂ - A (A) e transpiração - E (B) das plantas de maracujazeiro-azedo ‘BRS SC1’ em função da natureza catiônica da água de irrigação, aos 45 dias após a semeadura.

A redução na taxa de assimilação de CO₂ observada neste trabalho, possivelmente esteja relacionada ao aumento na condutividade elétrica da água de irrigação (4,0 dS m⁻¹) nas plantas que foram irrigadas com águas salinizadas pelos distintos cátion (S₂, S₃, S₄, S₅ e S₆). Em excesso, os sais contidos na água promovem a redução do potencial osmótico da solução do solo, limitando absorção de água pelas plantas e compromete consequentemente processos fisiológicos, dentre eles as trocas gasosas, através do fechamento estomático, ocorrido mediante ao baixo conteúdo de água nas células vegetais (BATISTA et al., 2019).

Para a transpiração das plantas de maracujazeiro ‘BRS SC1’ (Figura 1B) maior valor médio ($3,39 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-1} \text{ s}^{-1}$) foi obtido sob irrigação com baixa CEa, contudo, não diferiu de maneira significativamente das que receberam água salinizada por Ca^{2+} (S_3), Mg^{2+} (S_5) e pela mistura de $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (S_6), que obtiveram valores médios correspondentes a 2,47; 2,69 e $2,52 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-1} \text{ s}^{-1}$, respectivamente.

Apesar de terem alcançado os menores valores, as plantas que foram irrigadas com água salinizada por Na^+ (S_2) e pela mistura de $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+}$ (S_4) não diferiram estatisticamente das irrigadas com os tratamentos S_3 , S_5 e S_6 . A condutância estomática foi afetada significativamente pela interação natureza catiônica da água de irrigação e aplicação exógena de ácido salicílico (Figura 2).



1 - Testemunha; 2 - Na^+ ; 3 - Ca^{2+} ; 4 - $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+}$; 5 - Mg^{2+} ; 6 - $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$. Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste de Tukey a ($p \leq 0,05$).

Figura 2. Condutância estomática (g_s) das plantas de maracujazeiro-azedo ‘BRS SC1’ em função da interação entre a natureza catiônica da água e as concentrações de ácido salicílico, aos 45 dias após a semeadura.

Observa-se que, não houve diferença significativa entre as distintas naturezas catiônicas da água de irrigação quando se aplicou as concentrações de 1,0; 2,0 e 4,0 mM de ácido salicílico. Contudo, na concentração de 3,0 mM de ácido, as plantas irrigadas com água da baixa salinidade (S_1), foram estatisticamente superiores aos demais tratamentos, com aumento de 75; 68,75; 62,5; 50 e 75% em relação aos tratamentos S_2 , S_3 , S_4 , S_5 e S_6 , respectivamente.

CONCLUSÕES

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação reduz as trocas gasosas das plantas de maracujazeiro-azedo, sobretudo a taxa de assimilação de CO_2 .

A concentração de 3,0 mM de ácido salicílico promove aumento na concentração interna de CO₂ das plantas de maracujazeiro-azedo 'BRS SC1' irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹, aos 45 dias após a semeadura.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, H. F. de; COSTA, R. N. T.; CRISÓSTOMO, J. R.; SAUNDERS, L. C. U.; MOREIRA, O. da C.; MACEDO, A. B. M. Produtividade e análise de indicadores técnicos do maracujazeiro-amarelo irrigado em diferentes horários. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 159-164, 2012.

BATISTA, V. C. V.; PEREIRA, I. M. C.; PAULA-MARINHO, S. de O.; CANUTO, K. M.; PEREIR, R. de C. A.; RODRIGUES, T. H. S.; DALOSO, D. de M. GOMES-FILHO, E.; CARVALHO, H. H. de. Salicylic acid modulates primary and volatile metabolites to alleviate salt stress-induced photosynthesis impairment on medicinal plant *Egletes viscosa*. **Environmental and Experimental Botany**, n. 167, p. 1-13, 2019.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2020**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: out. 2021.

MEDEIROS, S. A. S.; CAVALCANTE, L. F.; BEZERRA, M. A. F.; NASCIMENTO, J. A. M.; BEZERRA, F. T. C.; PRAZERES, S. S. Saline water and bovine manure biofertilizer in the formation and quality of yellow passion fruit seedlings. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 779-795, 2016.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: Oliveira, A. J. (ed.) **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA. cap. 12, p. 189-253, 1991.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Department of Agriculture, Washington, USA. 1954, 160p.

SANTOS, V. A. dos; RAMOS, J. D.; LAREDO, R. R.; SILVA, F. O. dos R.; CHAGAS, E. A.; PASQUAL, M. Produção e qualidade de frutos de maracujazeiro-amarelo provenientes do cultivo com mudas em diferentes idades. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 1, p. 33-40, 2017.

SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V. de; VELOSO, L. L. de S. A.; GHEYI, H. R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 4, p. 1092-1101, 2020.

SILVA, T. I.; NÓBREGA, J. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; SOUSA, L. V.; RIBEIRO, J. E. S.; BRUNO, R. L. A.; DIAS, T. J.; ALBUQUERQUE, M. B. *Ocimum basilicum* L. seeds quality as submitted to saline stress and salicylic acid. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5, p. 159-166, 2018.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017, 573p.