



## Índice de Qualidade do Solo adaptado para Agroecossistemas Cacaueiros.

Quintino Reis de Araujo <sup>(1,2) (\*)</sup>, Guilherme Amorim Homem Abreu Loureiro <sup>(3)</sup>, George Andrade Sodré <sup>(1,2)</sup>, José Olímpio Souza Jr <sup>(2)</sup>, Edson Marcos Leal Soares Ramos <sup>(4)</sup>, Raul René Valle <sup>(1,2)</sup>.

<sup>(1)</sup> Pesquisador, Centro de Pesquisas do Cacau / Ceplac, Rod. Jorge Amado, km 22, 45600-970, Ilhéus, BA. <sup>(2)</sup> Professor, UESC - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA. <sup>(3)</sup> Agrônomo, Mestre em Produção Vegetal, Bolsista Centro de Pesquisas do Cacau / Ceplac, Itabuna, BA; <sup>(4)</sup> Professor, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.  
<sup>(\*)</sup> Bolsista CNPq / Pós-doutorado. [quintino@cepec.gov.br](mailto:quintino@cepec.gov.br).

**RESUMO:** Objetivaram-se a construção e a aplicação do Índice de Qualidade do Solo de acordo com a realidade e os requerimentos ambientais e nutricionais de agroecossistemas cacaueiros. O Índice de Qualidade do Solo e suas respectivas funções Disponibilidade de Água, Crescimento de Raízes, Nutrição Mineral da Planta e Segurança Ambiental com Elementos Potencialmente Tóxicos, foram capazes de refletir os valores críticos de indicadores de qualidade do solo adotados neste estudo com cacau, mostrando-se uma metodologia viável para diferenciar ambientes agrícolas.

**Termos de indexação:** *Theobroma cacao*, Manejo do Solo, Índices Multivariados.

### INTRODUÇÃO

A *commodity* cacau gera renda e emprego para aproximadamente 6 milhões de pessoas no mundo; na Bahia, a cacaucultura que remonta mais de 260 anos é uma importante atividade econômica (Loureiro, 2014). Estudos de qualidade de solo e qualidade de cacau demonstraram que esta região tem grande potencial para produzir amêndoas de cacau com características especiais, ressaltando-se a importância do manejo fitotécnico e nutricional da cultura (Loureiro, 2012).

O Índice de Qualidade do Solo, proposto inicialmente por Karlen e Stott (1994), foi reconstruído desde suas funções até os seus indicadores primários e secundários visando atender às necessidades nutricionais dos cacaueiros e legislações ambientais sobre elementos potencialmente tóxicos no solo (Loureiro, 2014). O presente estudo compara solos de agrossistemas cacaueiros, quanto a atributos da sua qualidade, como parte de uma investigação mais abrangente que avalia a influência da qualidade dos solos nas amêndoas do cacau.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas plantios do clone de cacau

PH-16 na Região Úmida do Sudeste da Bahia, nos agroecossistemas Cabruca, Cacaueiro x Eritrina e consórcio Cacaueiro x Seringueira, em 12 locais, correspondentes aos solos: Latossolo Amarelo Distrófico cambissólico (LAd cam), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (PVAd), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abrupto (PVAd), Latossolo Amarelo Distrófico típico (LAd), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (LVAd), Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico cambissólico (PVAe cam), Cambissolo Háptico Distrófico típico (Cxd), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissólico (LVAd arg), - Argissolo Amarelo Distrófico latossólico (PAd lat), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Argissolo Vermelho-Amarelo Alítico típico (PVA ali), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrocoeso abrupto (PVAd coe) (Loureiro, 2014; EMBRAPA, 2006).

De cada local de estudo foram coletadas 3 amostras compostas de 10 amostras simples da camada de 0-15 cm de solo em um raio de 100 m de cada ponto de identificação e classificação do solo pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Loureiro, 2014). As amostras foram submetidas às análises físicas, granulometria, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, capacidade de água disponível (Embrapa, 2011); e químicas, pH, N total, C orgânico, P, K, Mn, Cu, Zn, Fe, Ca, Mg, Al (formas disponíveis) (Embrapa, 2011), Si (Korndorfer, Pereira, & Camargo, 2002), Ca, Ba e Pb (USEPA, 2007).

O Índice de Qualidade do Solo (Tabela 1) foi reconstruído por Loureiro (2014) baseando-se na metodologia proposta por Karlen & Stott (1994), e nas adaptações do estudo de Fernandes (2008).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

As funções dos IQS, Disponibilidade de Água, Crescimento de Raízes, Nutrição Mineral da Planta e Segurança Ambiental com Elementos Potencialmente Tóxicos apresentadas na Tabela 1,



foram criadas para atender aspectos de qualidade do solo para agroecossistemas cacauzeiros, seus respectivos indicadores estão organizados de acordo com os pesos primários em ordem decrescente de importância para cada função, de modo semelhante também foram ordenados os indicadores secundários.

**Tabela 1** - Funções e indicadores do Índice de Qualidade do Solo

Função	Peso da Função	Indicadores Primários	Peso de Indicadores Primários	Indicadores Secundários	Peso de Indicadores Secundários	
Disponibilidade de Água	0,25	Capacidade de Água Disponível	0,30	-	-	
		Argila	0,30	-	-	
		Matéria Orgânica	0,20	-	-	
		Densidade do Solo	0,10	-	-	
Crescimento de Raízes	0,20	Porosidade Total	0,10	-	-	
		Saturação por Al <sup>3+</sup>	0,30	-	-	
		Capacidade de Água Disponível	0,20	-	-	
		Densidade do Solo	0,20	-	-	
Nutrição Mineral da Planta	0,35	Nutrientes Minerais (Macronutrientes) e Si	0,30	P	0,40	
				K <sup>+</sup>	0,30	
				Ca <sup>2+</sup>	0,20	
				Mg <sup>2+</sup>	0,10	
		Nutrientes Minerais (Micronutrientes)	0,30	Zn	0,50	
				Mn	0,20	
				Cu	0,20	
		pH	0,10	-	-	
				Capacidade de Troca Catiônica	0,10	-
				Saturação por Al <sup>3+</sup>	0,10	-
Matéria Orgânica	0,05	-	-			
		Relação Carbono/Nitrogênio	0,05	-		
Segurança Ambiental com Elementos Potencialmente Tóxicos	0,20	Pb	0,25	-	-	
		Cd	0,25	-	-	
		Ba	0,20	-	-	
		Cu	0,20	-	-	
		Atributos Físicos e Químicos	0,10	Argila	0,40	
			Matéria Orgânica	0,30		
			Capacidade de Água Disponível	0,30		

A interpretação e ajustes dos limites críticos dos indicadores de qualidade do solo em suas funções foi realizada a partir de uma ampla revisão de literatura (Tabelas 2, 3, 4 e 5). Entretanto, os resultados das análises físicas e químicas desta pesquisa, igualmente encontrados nas Tabelas 2, 3, 4 e 5, também subsidiaram alguns dos limites críticos para indicadores, particularmente por representarem a realidade física e química dos solos estudados.

Ao se especificar as funções e indicadores de qualidade para os solos estudados, ressaltam-se

dois aspectos agrícolas: 1) solos aptos para o cultivo do cacauzeiro requerem o uso de tecnologias simples de manejo e conservação; 2) solos menos aptos, requerem uso de tecnologias mais complexas, envolvendo técnicas mecânicas de manejo e conservação, como subsolagem, e manejo nutricional com sistemas de irrigação e fertirrigação. O IQS pode subsidiar as decisões fitotécnicas (antes e durante o estabelecimento do cultivo), ajustando-as à realidade socioeconômica e técnica dos produtores rurais.

**Tabela 2** - Revisão e limites críticos de indicadores físicos do Índice de Qualidade do Solo para agroecossistemas cacauzeiros

Indicador	Tipo de curva	Camada (cm)	Limites críticos			Referências Auxiliares
			Inf. Min.	Ótimo Média ± DP	Sup. Máx.	
Densidade do Solo (g cm <sup>-3</sup> )	Menos é melhor	0-15	<b>0,95</b>	-	-	Valor adotado
		0-15	0,95	1,17 ± 0,16	1,57	Referência própria
		Geral	NI	NI	1,55	Camargo e Alleoni (1997)
		0-10	0,92	1,34±0,20	1,78	Pinto (2013)
Porosidade Total (dm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup> )	Mais é melhor	0-15	<b>NI</b>	<b>NI</b>	<b>0,50</b>	Valor adotado
		0-15	0,41	0,56 ± 0,16	0,64	Referência própria
		Geral	NI	NI	0,50	Ferreira (2010)
		0-10	0,33	0,48±0,07	0,63	Pinto (2013)
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	Valor ótimo	0-15	<b>71,5</b>	<b>350</b>	<b>526,5</b>	Valores adotados
		0-15	71,50	218,78 ± 114,72	526,50	Referência própria
		0-10	20	101,5	240	Dantas (2011)
		0-10	64	337,2 ± 150,09	590	Pinto (2013)
Capacidade de Água Disponível (%)	Mais é melhor	0-15	-	-	<b>26,78</b>	Valor adotado
		0-15	1,90	10,37 ± 6,55	26,78	Referência própria
		Geral	NI	NI	56,5	Siqueira, Müller & Pinho (1987)

Obs.: Inf. - Inferior; Sup. - Superior; Min. - Mínimo; Máx. - Máximo; DP - Desvio Padrão; NI - Valor não informado. Em negrito estão os valores adotados como limites críticos dos indicadores de qualidade.

**Tabela 3** - Revisão e limites críticos de indicadores químicos do Índice de Qualidade do Solo para agroecossistemas cacauzeiros

Indicador	Tipo de curva	Camada (cm)	Limites críticos			Referências Auxiliares
			Inf. Min.	Ótimo Média ± DP	Sup. Máx.	
pH	Valor ótimo	0-15	<b>4,10</b>	<b>6,0</b>	<b>6,60</b>	Valores adotados
		0-15	4,10	5,51 ± 0,63	6,60	Referência própria
		Geral	NI	5,5-6,5	NI	Meurer (2007)
		0-10	4,10	5,26 ± 0,52	7,30	Dantas (2011)
Saturação por Al <sup>3+</sup> (%)	Menos é melhor	0-15	<b>0</b>	-	-	Valor adotado
		0-15	0	1,73 ± 2,43	9,77	Referência própria
		Geral	-	NI	30	Sousa et al. (2007)
		0-10	4,61	5,79 ± 0,55	7,11	Pinto (2013)
Capacidade de Troca Catiônica (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Mais é melhor	0-15	-	-	<b>22,36</b>	Valor adotado
		0-15	4,61	10,45 ± 4,38	22,36	Referência própria
		Geral	NI	NI	8	Chepote et al. (2012) <sup>1</sup>
		0-15	-	-	<b>48,62</b>	Valor adotado
Matéria Orgânica do Solo (g kg <sup>-1</sup> )	Mais é melhor	0-15	10,96	30,67 ± 9,83	48,62	Referência própria
		0-15	10,96	30,67 ± 9,83	48,62	Chepote et al. (2012) <sup>1</sup>
		0-10	15,31	33,83 ± 9,22	57,51	Pinto (2013)
		0-15	<b>6,35</b>	<b>12</b>	<b>14,44</b>	Valores adotados
Relação Carbono/Nitrogênio	Valor ótimo	0-15	6,35	10,76 ± 1,79	14,44	Referência própria
		0-15	6,35	10,76 ± 1,79	14,44	Silva & Mendonça (2007); Resende et al. (2007)

<sup>1</sup>Valor mínimo requerido pela cultura do cacau (CHEPOTE et al., 2012). Inf. - Inferior; Sup. - Superior; Min. - Mínimo; Máx. - Máximo; DP - Desvio Padrão; NI - Valor não informado. Em negrito estão os valores adotados como limites críticos dos indicadores de qualidade.



**Tabela 4 - Revisão e limites críticos dos elementos minerais P, K, Ca, Mg e Si do Índice de Qualidade do Solo para agroecossistemas cacauzeiros**

Indicador	Tipo de curva	Camada (cm)	Limites críticos			Referências Auxiliares
			Inf.	Otímo	Sup.	
P (mg dm <sup>-3</sup> )	Valor ótimo	0-15	1	9	30	Valor adotado
		0-15	1	4,0 ± 2,85	13,50	Referência própria
		Geral	9	16	30	Chepote et al. (2012) <sup>1</sup>
		0-10	1,0	12,2 ± 9,94	45,0	Dantas (2011)
		0-10	1,2	15,05 ± 16,71	76,50	Pinto (2013)
K (cmolc dm <sup>-3</sup> )	Mais é melhor	0-15	-	-	0,25	Valor adotado
		0-15	0,05	0,10 ± 0,04	0,22	Referência própria
		Geral	NI	0,20	0,25	Chepote et al. (2012) <sup>1</sup>
		0-10	0,07	0,18 ± 0,04	0,55	Dantas (2011)
		0-10	0,05	0,24 ± 3,31	1,98	Pinto (2013)
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	Mais é melhor	0-15	-	-	9,50	Valor adotado
		0-15	0,45	3,55 ± 2,51	9,50	Referência própria
		Geral	NI	NI	3	Chepote et al. (2012) <sup>1</sup>
		0-10	1,20	4,16 ± 2,13	9,70	Dantas (2011)
		0-10	0,72	5,35 ± 2,62	10,34	Pinto (2013)
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	Mais é melhor	0-15	-	-	7,30	Valor adotado
		0-15	0,10	1,78 ± 1,67	7,30	Referência própria
		Geral	NI	NI	1	Chepote et al. (2012) <sup>1</sup>
		0-10	0,60	2,02 ± 0,98	4,50	Dantas (2011)
		0-10	0,64	2,78 ± 1,34	5,52	Pinto (2013)
Si (mg dm <sup>-3</sup> )	Valor ótimo	0-15	1,60	8,08	17,20	Valores adotados
		0-15	1,60	8,08 ± 4,28	17,20	Referência própria

<sup>1</sup>Valor mínimo requerido pela cultura do cacau (CHEPOTE et al., 2012). Obs.: Inf. - Inferior; Sup. - Superior; Min. - Mínimo; Máx. - Máximo; DP - Desvio Padrão; NI - Valor não informado. Em negrito estão os valores adotados como limites críticos dos indicadores de qualidade.

**Tabela 5 - Revisão e limites críticos dos elementos minerais Fe, Zn, Mn, Cu, Pb, Cd e Ba do Índice de Qualidade do Solo para agroecossistemas cacauzeiros**

Indicador	Tipo de curva	Camada (cm)	Limites críticos			Referências Auxiliares
			Inf.	Otímo	Sup.	
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	Valor ótimo	0-15	19	89,51	229	Valores próprios
		0-15	19	89,51 ± 51,57	229	Referência própria
		Geral	8	19	45	Chepote et al. (2012) <sup>1</sup>
		0-10	8,1	31,5 ± 15,25	56,8	Dantas (2011)
		0-10	15,6	80,5 ± 71,67	388,8	Pinto (2013)
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	Mais é melhor	0-15	-	-	13	Valor adotado
		0-15	1	3,94 ± 2,99	13	Referência própria
		Geral	0,5	1	2,2	Chepote et al. (2012) <sup>1</sup>
		0-10	0,8	3,4 ± 2,36	8,8	Dantas (2011)
		0-10	0,6	5,3 ± 4,38	21,9	Pinto (2013)
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	Valor ótimo	0-15	2	9	387	Valores adotados
		0-15	2	77,22 ± 100,64	387	Referência própria
		Geral	2	6	12	Chepote et al. (2012) <sup>1</sup>
		0-10	6,2	39,8 ± 28,26	108,1	Dantas (2011)
		0-10	6,5	139,9 ± 132,80	595,6	Pinto (2013)
Cu* (mg dm <sup>-3</sup> )	Valor ótimo	Geral	0,3	30	60	Valores adotados
		0-15	2,80	29,27 ± 25,19	103	Referência própria
		Geral	NI	NI	60	CONAMA (2009) <sup>2</sup>
		Geral	0,3	0,8	1,8	Chepote et al. (2012) <sup>1</sup>
		0-10	0,5	10,5 ± 14,35	53,7	Dantas (2011)
Pb (mg dm <sup>-3</sup> )	Menos é melhor	0-10	0,4	12,0 ± 19,18	87,0	Pinto (2013)
		Geral	18,70	-	-	Valor adotado
		0-15	18,70	59,97 ± 27,65	108,60	Referência própria
		Geral	NI	NI	72	CONAMA (2009) <sup>2</sup>
		Superficial	0	NI	30	Aubert & Pinta (1977)
Cd (mg dm <sup>-3</sup> )	Menos é melhor	Geral	0,3	-	-	Valor adotado
		0-15	0,3	1,39 ± 0,74	3,2	Referência própria
		Geral	NI	NI	1,3	CONAMA (2009) <sup>2</sup>
		Subsolo	NI	NI	0,5	Alloway (1990)
Ba (mg dm <sup>-3</sup> )	Menos é melhor	Geral	4,4	-	-	Valor adotado
		0-15	4,4	57,14 ± 63,77	259,90	Referência própria
		Geral	NI	NI	150	CONAMA (2009) <sup>2</sup>
		Superficial	30	NI	1870	Suwa et al. (2008)

\*Cu - Cobre também é considerado um elemento potencialmente tóxico (ALLOWAY, 1990; CONAMA, 2009). <sup>1</sup>Valor mínimo requerido pela cultura do cacau (CHEPOTE et al., 2012). <sup>2</sup>Valor máximo admitido pelo CONAMA (2009). Obs.: Inf. - Inferior; Sup. - Superior; Min. - Mínimo; Máx. - Máximo; DP - Desvio Padrão; NI - Valor não informado; MIC - Micronutrientes; EPT - Elementos Potencialmente Tóxicos. Em negrito estão os valores adotados como limites críticos dos indicadores de qualidade.

Os resultados do IQS e suas respectivas funções, encontram-se na Tabela 6.

**Tabela 6 - Índice de Qualidade do Solo (IQS) (camada 0-15 cm) e suas funções, Disponibilidade de Água (FDA), Crescimento de Raízes (FCR), Nutrição Mineral de Planta (FNM) e Segurança Ambiental com Elementos Potencialmente Tóxicos (FSA) em agroecossistemas cacauzeiros**

Solos <sup>1</sup>	Funções				
	IQS	FDA	FCR	FNM	FSA
	Média ± Desvio Padrão (n = 3)				
01 LAd cam	0,62 ± 0,01	0,17 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,20 ± 0,00	0,17 ± 0,00
02 PVAd	0,69 ± 0,03	0,14 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,21 ± 0,02	0,23 ± 0,02
03 PVAd	0,77 ± 0,02	0,17 ± 0,00	0,13 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,23 ± 0,02
04 LAd	0,68 ± 0,01	0,17 ± 0,00	0,08 ± 0,00	0,21 ± 0,00	0,22 ± 0,01
05 LVAd	0,65 ± 0,04	0,17 ± 0,00	0,11 ± 0,03	0,21 ± 0,03	0,16 ± 0,00
06 PVAd cam	0,73 ± 0,03	0,16 ± 0,00	0,13 ± 0,00	0,23 ± 0,02	0,21 ± 0,01
07 CXd	0,70 ± 0,02	0,17 ± 0,00	0,13 ± 0,00	0,23 ± 0,02	0,18 ± 0,00
08 LVAd arg	0,73 ± 0,02	0,16 ± 0,01	0,13 ± 0,00	0,20 ± 0,01	0,24 ± 0,00
09 PAd lat	0,62 ± 0,10	0,16 ± 0,01	0,08 ± 0,03	0,20 ± 0,03	0,18 ± 0,04
10 PVAd	0,77 ± 0,02	0,24 ± 0,02	0,16 ± 0,02	0,25 ± 0,01	0,11 ± 0,03
11 PVA ali	0,79 ± 0,01	0,18 ± 0,00	0,14 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,22 ± 0,01
12 PVAd coe	0,60 ± 0,01	0,05 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,16 ± 0,00	0,24 ± 0,00
Geral (n = 36)					
Mínimo	0,52	0,13	0,05	0,16	0,08
Média ± DP	0,70 ± 0,07	0,17 ± 0,02	0,11 ± 0,03	0,22 ± 0,03	0,20 ± 0,04
Máximo	0,80	0,25	0,18	0,27	0,24

<sup>1</sup>Solos: 01 LAd cam - Latossolo Amarelo Distrófico cambissólico, 02 PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, 03 PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abrupto, 04 LAd - Latossolo Amarelo Distrófico típico, 05 LVAd - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, 06 PVAd cam - Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico cambissólico, 07 CXd - Cambissolo Háptico Distrófico típico, 08 LVAd arg - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissólico, 09 PAd lat - Argissolo Amarelo Distrófico latossólico, 10 PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, 11 PVA ali - Argissolo Vermelho-Amarelo Alítico típico, 12 PVAd coe - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrocóeso abrupto. DP - Desvio Padrão.

As funções que mais contribuíram para o aumento ou diminuição dos scores do IQS foram, respectivamente, Disponibilidade de Água e Crescimento de Raízes.

Os solos que apresentaram maior e menor IQS foram, respectivamente, o Argissolo Vermelho-Amarelo Alítico típico (local 11) e o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrocóeso abrupto (local 12).

## CONCLUSÕES

O IQS foi capaz de diferenciar os agroecossistemas cacauzeiros estudados a partir da interpretação conjunta de atributos indicadores de qualidade do solo, com seus limites críticos revisados, de acordo com as necessidades do cultivo e suas nuances ambientais.



## AGRADECIMENTOS

CNPq, CAPES, CEPEC/CEPLAC, UESC.

## REFERÊNCIAS

- ALLOWAY, N. J. Heavy metals in soils. London, United Kingdom: Blackie & Sons, 1990.
- AUBERT, H. & PINTA, M. Trace Elements in Soils. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Co, 1977.
- CAMARGO, O. A. & ALLEONI, L. R. F. Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas. Piracicaba, São Paulo: ESALQ, 1997.
- CHEPOTE, R. E. et al. Aptidão agrícola e fertilidade de solos para a cultura do cacau. In R. R. Valle (Ed.), Ciência, tecnologia e manejo do cacau. Brasília, DF: MAPA/CEPLAC/CEPEC, 2012. p. 67–114.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2009). Resolução CONAMA no 420 de 28 de dezembro de 2009. Alterada pela Resolução CONAMA no. 460/2013. Diário Oficial Da União, 249: 81–84.
- DANTAS, P. A. S. Relação entre fertilidade do solo e nutrição do cacau no sul da Bahia. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, 85 p. 2011. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal).
- EMBRAPA (Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2 ed.). Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.
- FERNANDES, C. A. F. Avaliação da qualidade do solo em áreas de cacau cabruca, mata e policultivo no sul da Bahia. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, 2008. 74 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal).
- FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In Física do solo. Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1-27.
- KARLEN, D. L. & STOTT, D. E. (1994). Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. In J. W. Doran, D. C. Coleman, D. F. Bezdicek, & B. A. Stewart (Eds.), Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 1994. p.53-72.
- KORNDÖRFER, G. H., PEREIRA, H. S. & CAMARGO, M. S. Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura. Uberlândia, Minas Gerais: GPS-ICIAG;UFU, 2002.
- LOUREIRO, G. A. H. A. Qualidade de solo e qualidade de cacau. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, 2014. 202 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal).
- MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In R. F. NOVAIS, V. H. ALVAREZ V., N. F. BARROS, R. L. F. FONTES, R. B. CANTARUTTI, & J. C. L. NEVES (Eds.), Fertilidade do solo. Viçosa, Minas Gerais: SBCS, 2007. p. 65-90.
- PINTO, F. C. Fertilidade do solo e partição de nutrientes em cacauzeiros. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, 108 f. 2013. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal).
- RESENDE, M. et al. Pedologia: base para distinção de ambientes (4th ed.). Lavras, Minas Gerais: Editora UFLA, 2007.
- SILVA, I. R. & MENDONÇA, E. S. (2007). Matéria Orgânica do Solo. In R. F. NOVAIS, V. H. ALVAREZ, N. F. BARROS, R. L. F. FONTES, R. B. CANTARUTTI, & J. C. L. NEVES (Eds.), Fertilidade do Solo. Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.
- SIQUEIRA, P. R., MÜLLER, M. W. & PINHO, A. F. S. Efeito da irrigação na produtividade do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.). In XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Jundiaí, São Paulo: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1987. p. 116-127.
- SOUSA, D. M. G., MIRANDA, L. N. & OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In R. F. de Novais, V. H. Alvarez V., N. F. De Barros, R. L. Fontes, R. B. Cantarutti, & J. C. L. Neves (Eds.), Fertilidade do Solo. Viçosa, Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.
- SUWA, R. et al. Barium toxicity effects in soybean plants. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 55: 397–403, 2008.
- USEPA - United States Environmental Protection Agency. Method EPA SW 846 3051 A, Microwave assisted acid digestion of sediments sludge, soils, and oils. USA: USEPA, 2007.