

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Eric George Morais¹; Daniel Nunes da Silva Júnior², Anna Yanka de Oliveira Santos³, Gabriel Felipe Rodrigues Bezerra⁴; Gualter Guenther Costa da Silva⁵.

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte, ericmoraais@gmail.com; ²Universidade Federal do Rio Grande do Norte, danielnunesagr@gmail.com; ³Universidade Federal do Rio Grande do Norte, annayanka12@hotmail.com; ⁴Universidade Federal do Rio Grande do Norte, gabriel_rb@hotmail.com; ⁵Universidade Federal do Rio Grande do Norte, gualtermve@gmail.com.

Resumo: O objetivo desta revisão bibliográfica é apresentar uma discussão concisa sobre a avaliação da qualidade do solo em regiões semiáridas. Buscou-se identificar as limitações e particularidades para esta atividade em regiões de clima semiárido, abordando os principais indicadores da qualidade do solo que são utilizados. Durante muito tempo, o homem tinha o entendimento de que os recursos naturais eram ilimitados, estando a sua disposição a qualquer momento e, assim, utilizava-os de forma indiscriminada e inadequada, sem preocupação. Esse fato fez a comunidade científica voltar-se à preocupação com a qualidade ambiental e com a degradação dos recursos naturais. Foi então que, na década de 1990, surgem os conceitos a respeito de qualidade do solo, entendendo-se a importância do solo para a qualidade ambiental e a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas. A Qualidade do Solo (QS) pode ser definida como a capacidade que o solo possui em exercer suas funções na natureza, como por exemplo, funcionar como meio para o crescimento das plantas. O mau uso do solo caracteriza-se como a principal causa da degradação e perda de qualidade ambiental. A redução da matéria orgânica e, em seguida, alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo são as principais consequências desse fato. Diversos trabalhos foram realizados no Brasil, na região Semiárido, visando avaliar a qualidade do solo em áreas manejadas, comparando-as com área em estado natural (matas nativas). Para muitos autores as amostras para realização de análises com fins de avaliar a qualidade do solo são, comumente, coletadas nas camadas superficiais do solo, geralmente de 0 a 10 cm. Frequentemente, a QS é analisada em função dos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo. E as características comumente analisadas são: densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, macroporosidade, microporosidade, condutividade elétrica, saturação por bases, potencial hidrogeniônico, soma de bases, capacidade de troca de cátions, capacidade de troca de cátions potencial a pH 7,0, índice de saturação por sódio, argila dispersa em água, grau de floculação, matéria orgânica, condutividade hidráulica em meio saturado, estoque de carbono, resistência mecânica do solo à penetração, ponto de murcha permanente, macronutrientes e micronutrientes. O solo é um indicador das mudanças do sistema de produção como um todo, por isso é necessária à caracterização dos processos e das propriedades do mesmo, que interferem na sua capacidade produtiva. Assim, a análise desses aspectos é importante para melhorar os sistemas de manejo do solo. Os sistemas agrícolas que cultivam plantas intensamente sem o revolvimento do solo favorecem a QS, em razão de não quebrar as estruturas físicas formadas nem favorecer a perda de elementos químicos e matéria orgânica do solo.

Palavras-chave: Indicadores da qualidade do solo, Manejo do solo, Fertilidade.

Introdução

O solo, recurso superficial da crosta terrestre, formado a partir da alteração de um material rochoso (material de origem), é um sistema trifásico, composto por uma fração de partículas sólidas (minerais e orgânicas – matriz do solo), uma fração gasosa (poros – ar do solo) e uma fração líquida (constituída por água e sais – solução do solo). Notadamente, o solo é um sistema heterogêneo,

dinâmico e de elevada complexidade, resultado da interação entre subsistemas vegetal, mineral e microrganismos (VEZZANI, 2001).

Fundamental à produção agrícola, o solo desempenha ainda diversas outras funções ambientais, econômicas e sociais. Ao longo dos anos o solo, suas naturezas e propriedades, têm sido fundamentais para o estabelecimento e desenvolvimento econômico e cultural das civilizações. Com a evolução da espécie humana, as mudanças no comportamento e hábito do homem primitivo, sua alimentação, cada vez mais, deixaram de ser baseada em espécies selvagem e passou a ser fundamentada em espécies domesticadas (animal e vegetal).

Ao abandonar o costume nômade e passar a fixa-se em determinado local, explorando os recursos ali presentes, o homem primitivo, ainda que empiricamente, escolhia este local baseado em aspectos ligados, sobretudo, a presença de recursos naturais como água e solo. Valia-se de observações feitas a respeito da fertilidade do solo e da presença de corpos de água, para suprir suas necessidades e dos animais e plantas que começara a domesticar (MAZOYER & ROUDART, 2010). O solo é, portanto, um dos bens mais importantes para a humanidade.

De acordo com Silva et al. (2011), fatores sociais como a pressão demográfica, disputa por terra, aspirações e necessidades de cada cultura afeta a qualidade do solo, influenciando na sustentabilidade de sistemas produtivos. A evolução dos primitivos sistemas de cultivo, para os sistemas com alto nível tecnológico, caracterizados pela utilização de máquinas e implementos, técnicas de preparo do solo envolvendo manejo, correção e fertilização, e uso de sistemas de irrigação.

Qualidade do Solo (QS) é definida como a capacidade do solo funcionar, dentro dos limites de determinado ecossistema (DORAN, 1997; VEZZANI, 2001; VEZZANI & MIELNICZUK, 2009). Durante quase todo o século passado, o homem tinha o entendimento de que os recursos naturais estariam a sua disposição por tempo ilimitado e, assim, utilizava-os de forma indiscriminada e inadequada, sem preocupação.

Esse fato fez a comunidade científica voltar-se à preocupação com a qualidade ambiental e com a degradação dos recursos naturais. A constatação da importância do solo para a sustentabilidade dos sistemas de produção fez a comunidade científica iniciar uma série de discussões a esse respeito. Foi então que, na década de 1990, surgem os conceitos a respeito de qualidade do solo, entendendo-se a importância do solo para a qualidade ambiental e a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas.

Assim, o objetivo desta revisão bibliográfica é apresentar uma discussão concisa sobre a avaliação da qualidade do solo em regiões semiáridas, buscando identificar as limitações e particularidades para esta atividade em regiões de clima semiárido. Ainda, buscou-se abordar sobre quais os principais indicadores da qualidade do solo utilizados e as metodologias empregadas.

Metodologia

Realizou-se busca bibliográfica na literatura especializada que abrangia aspectos relativos à qualidade do solo, buscando identificar trabalhos realizados no Brasil, em regiões de clima semiárido.

A pesquisa bibliográfica foi realizada em revistas especializadas na área das Ciências Agrárias, como a Revista Brasileira de Ciência do Solo (RBCS), Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (AGRIAMBI), Revista Caatinga, Revista Árvore.

Durante o estudo, procurou-se identificar os principais indicadores da qualidade do solo utilizados para avaliação da QS, dentre os indicadores existentes agrupados em indicadores físicos, químicos e biológicos.

Resultados e discussão

Definir Qualidade do Solo (QS) é uma atividade substancialmente difícil, haja vista a complexidade, heterogeneidade e as características mutáveis deste sistema (DORAN, 1997; KÄMPF & CURI, 2015). Contudo, Doran & Parking (1994), pioneiros em estudos sobre Qualidade do Solo, propuseram a seguinte definição para o termo: a Qualidade do Solo (QS) é a capacidade do solo de exercer suas funções dentro de determinado ecossistema, natural ou manejado, para sustentar a produção de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens.

De modo geral, a QS é analisada em função de três aspectos: físicos, químicos e biológicos (ARATANI et al., 2009). Variações nestes aspectos, em função do manejo e uso do solo, bem como sua avaliação, são importantes para melhorar os sistemas de manejo, ou ainda, melhor orientar o planejamento de uso da terra (CARNEIRO et al., 2009). Assim sendo, o solo é quem indica o sentido das mudanças do sistema de produção como um todo (SOUZA et al., 2016), sendo necessária a caracterização dos processos e das propriedades do solo que interferem na sua capacidade produtiva (DORAN & PARKIN, 1994). Analisar Qualidade do Solo de forma simples e confiável constitui-se em um importante desafio para a pesquisa atual (ARAÚJO et al., 2007).

O mau uso do solo caracteriza-se como a principal causa da degradação e perda de qualidade ambiental. A redução da matéria orgânica e, em seguida, alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo são as principais consequências desse fato.

Para Doran et al. (1994) é necessário determinar os indicadores de qualidade de solo, para possibilitar a identificação de áreas problema utilizadas na produção, fazer estimativas realistas de produtividade, monitorar mudanças na qualidade ambiental e auxiliar agências governamentais a formular e avaliar políticas agrícolas de uso da terra.

Dependendo da intensidade de preparo, o manejo do solo pode modificar suas propriedades físicas (SOUZA et al., 2001), e essas modificações, muitas vezes, não promovem resultados satisfatórios. A compactação do solo aumenta a sua densidade e a resistência mecânica (SILVA et al., 2006), e diminui a porosidade total e o tamanho e continuidade dos poros (DEXTER, 2004), com reduções significativas no volume dos macroporos, enquanto os microporos permanecem praticamente inalterados (HILLEL, 1982). A compactação do solo pode limitar a adsorção e, ou, absorção de nutrientes, a infiltração e a redistribuição de água, as trocas gasosas e o desenvolvimento do sistema radicular (BICKI & SIEMENS, 1991), resultando em decréscimo da produção e aumento da erosão e da potência necessária para o preparo do solo (SOANE, 1990).

Segundo Lira et al. (2012), os indicadores químicos do solo apresentam relevância nos estudos, tanto agronômicos quanto ambientais, normalmente são agrupados em quatro classes: a) aqueles que indicam o comportamento do solo (pH, CE e carbono orgânico); b) aqueles que indicam a capacidade do solo de resistir à troca de cátions (tipo de argila, CTC, CTA, óxidos de ferro e de alumínio); c) aqueles que indicam as necessidades nutricionais das plantas (N, P, K, Ca, Mg e micronutrientes) e d) aqueles que indicam a contaminação ou poluição (metais pesados, nitrato, fosfato e agrotóxicos).

Os microrganismos do solo são os principais componentes do sistema de decomposição da matéria orgânica e têm papel fundamental na dinâmica de nutrientes em diferentes ecossistemas (DIAZ-RAVIÑA et al., 1993). Dentre os indicadores do solo capazes de representar a comunidade microbiana, o C microbiano destaca-se devido à sua relação com a matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e fluxo de energia (DE-POLLI & GUERRA, 1999).

Os solos do semiárido, geralmente, têm baixa fertilidade natural e, esta situação se agrava com o desmatamento da vegetação para estabelecimento de sistemas agropecuários e/ou comercialização da madeira (LIRA et al., 2012). O que tem ocasionando redução nos níveis de matéria orgânica e de nutrientes do solo (ARAÚJO FILHO, 2008).

Diversos trabalhos foram realizados no Brasil, na região Semiárido, com buscando avaliar a Qualidade do Solo em áreas manejadas, comparando-as com área em estado natural (matas nativas). O quadro 01 apresenta alguns destes trabalhos, bem como as características avaliadas (indicadores da qualidade do solo).

Quadro 01. Artigos técnico-científicos publicados no Brasil no período de 1997 a 2016 abordando aspectos relacionados a avaliação da Qualidade do Solo na região Semiárida, listados em ordem cronológica de publicação

MANUSCRITO	LOCAL	SOLO*	PROFUNDIDADE DE COLETAS (cm)	CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS
Faria et al., 2004	Petrolina/PE	Argissolo Amarelo eutrófico	0-10 e 10-20	pH, P, K+, Ca2+, Mg2+, CTC e MO.
Bareto et al., 2006	Una/BA	Latosolo Vermelho Amarelo	0-10 e 10-20	Areia, Silte, Argila, Ds, Dp, CC,PMP, Pt, pH, CTC, V%, (H + Al3+), CO, P, K+, Na+, Ca2+ e Mg2+.
Maia et al., 2006	Sobral/CE	Luvissolo Crômico Órtico	0-6, 6-12, 12-20 e 20-40	Areia, Silte, Argila, ADA, K+, Na+, Ca2+, Mg2+, (H + Al3+), CTC, pH e Corg.
Nunes et al., 2006	Sobral/CE	Luvissolo Crômico Ortico	0-20	pH, CO, MO, P, K+, Na+, Ca2+, Mg2+, (H + Al3+), CTC, V%, SB, Dp, Ds e Pt.
Lima et al., 2007	Tauá/CE	Solos com textura variando de franco-arenosa a franco-argilo-arenosa	0-10, 10-20 e 20-30	Pt, Ds, Dp, Ma, Mi, Ks, pH, Ca2+, Mg2+, Na+, K+, P, (H + Al3+), SB, CTC e V%.
Nunes et al., 2009	Sobral/CE	Luvissolo Crômico Órtico	0-10	pH, P, K+, Ca2+, Mg2+, (H + Al3+), SB, V% e Corg.
Corrêa et al., 2010	Floresta/PE; e Petrolândia/PE	Solos desenvolvidos de rochas sedimentares, basicamente arenitos e folhelhos calcíferos do Cretáceo	0-10, 10-30 e 30-60	Dp, Ds, Pt, Areia, Silte, ADA, GF e Ks.
Martins et al., 2010	Floresta/PE	Luvissolo com horizonte B textural	0-10	K+, Na+, Ca2+, Mg2+, (H + Al3+), CTC, pH, Corg e EstC.
Cortez et al., 2011	Petrolina/PE	Argissolo Amarelo Distrófico típico	0-10, 10-20 e 20-30	Ds, Pt e RP.
Lira et al., 2012	Apodi/RN	Cambissolo Eutrófico Latosólico	0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-50	pH, CE, CTC, V%, SB, (H + Al3+), MO, P, K+, Na+, Ca2+ e Mg2+
Arcoverde et al., 2015	Sobradinho/BA; Casa Nova/BA; Remanso/BA; e Sento Sé/BA	Cambissolo Háptico, Argissolo Amarelo, Luvissolo Crômico, Argissolo Amarelo, Latossolo Amarelo, Neossolo Quartzarênico, Planossolo Háptico e Argissolo Vermelho-Amarelo,	0-10, 10-20 e 20-40	DMG, DMP, Ds, Ma, Mi, Pt, Argila, Silte, Areia, ADA e GF.

Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partículas; Pt = porosidade total; pH = Potencial hidrogeniônico; CO = Carbono orgânico total; Ca2+ = Cálcio; Mg2+ = Magnésio; K+ = potássio; Na+ Sódio; P= Fósforo; Prem = Fósforo remanescente; Al3+ = teor de alumínio trocável; H+Al = Hidrogênio + Alumínio; SB = soma de bases; CTC = Capacidade de troca de cátions efetiva; CTCt = capacidade de troca de cátions potencial (A pH 7.0); ISNa = índice de saturação por Sódio; DMG = diâmetro médio geométrico; DMP = diâmetro médio ponderado; Ma = macroporosidade; Mi = microporosidade; ADA: argila dispersa em água; GF = grau de flocculação; CE = condutividade elétrica; V% = saturação por bases; MO = matéria orgânica; Ks = condutividade hidráulica em meio saturado; EstC = Estoque de carbono; RP = resistência mecânica do solo à penetração; PMP = ponto de murcha permanente.

*Nem sempre os autores informaram a classe de solo onde os estudos foram realizados. Nestes casos, colocou-se algumas características do solo.

É possível observar que as amostras para realização de análises com fins de avaliar a qualidade do solo (física, química e biológica) são, comumente, coletadas nas camadas superficiais do solo, geralmente de 0 a 10 cm (FARIA, et al. 2004; LIMA, et al. 2007; NUNES, et al. 2009; MARTINS, et al. 2010; ARCOVERDE, et al. 2015). Porém, autores como Maia et al. (2006) e Lira et al. (2012), realizaram amostragens nas profundidade de 0-6 e 6-12 cm, e 0-5 e 5- 10 cm, respectivamente. Esta estratificação é justificada quando se deseja observar de forma mais detalhada as modificações ocorridas no solo, impostas pelos sistema de uso e manejo, haja vista ser as camadas mais superficiais do solo mais sensíveis a estas modificações.

Apesar de haver na literatura definição consistente e amplamente utilizada para QS, essa definição não é consensual (ARAÚJO et al., 2012), e não existem padrões de regulamentações para como aferir QS.

Em trabalho realizado com o objetivo de estabelecer índices de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente por meio da avaliação integrada de atributos físicos e químicos, Freitas et al. (2012) utiliza as curvas de padronização do tipo “*mais é melhor*”, “*ótimo*” e “*menos é melhor*”, conforme *natureza* do indicador (figura 01) propostas por Karlen e Stott (1194) para padronizar valores-limitres dos indicadores de qualidade do solo utilizados no seu estudo.

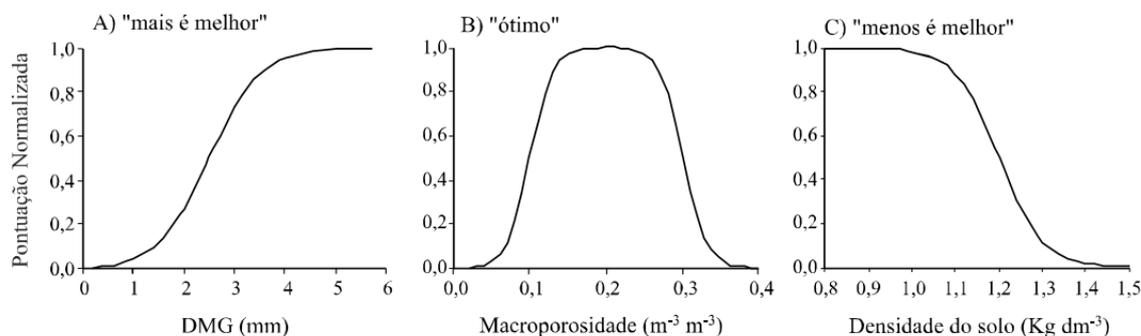


Figura 1. Funções de pontuação utilizadas para padronização conforme a natureza do indicador de qualidade do solo. **FONTE:** Freitas et al., (2012).

Conforme Melo Fialho et al. (2007), citado por Freitas et al. (2012), neste tipo de metodologia para avaliar QS se estabelecem dois valores-limites (superior e inferior) e um valor crítico, equivalente aos pontos médios entre o valor limite superior e o valor limite inferior.

Em um trabalho realizado com o objetivo de avaliar os efeitos dos sistemas de cultivo e manejo da caatinga por meio de indicadores químicos da qualidade do solo, Lira et al. (2012) concluíram que houve perda da fertilidade significativa na área de cultivo agrícola, quando

comparada com os demais sistemas estudados (área de caatinga manejada e área de mata nativa). Estes mesmos autores concluíram que o manejo da caatinga, realizado de forma planejada, contribuiu para a conservação da fertilidade do solo.

Pereira et al. (2012) estudaram a distribuição da fauna edáfica nos compartimentos solo e serapilheira e a fauna coletada com armadilha tipo *pitfall*, em diferentes sistemas de manejo do solo em Cruz das Almas - BA, e encontraram efeito significativo da sazonalidade sobre a densidade e riqueza de indivíduos. Estes resultados concordam com os resultados encontrados por Martins et al. (2010), estudando a variabilidade de atributos químicos e microbianos do solo, no semiárido pernambucano. Estes últimos autores encontraram efeito significativa da sazonalidade sobre os atributos indicadores da qualidade do solo de forma mais expressiva no ambiente degradado.

Com isso, é possível entender a importância da elaboração de metodologias estratégicas para avaliação da qualidade do solo nesta região. Estas metodologias devem prever as variações sazonais que ocorrem na região semiárida, considerando a água como fator que, potencialmente, condiciona variações em alguns atributos do solo.

Corrêa et al. (2010), avaliou atributos físicos de solos de um perímetro irrigado no semiárido do Nordeste do Brasil, no qual as populações foram estratificadas de acordo com os usos em áreas com culturas de ciclo curto (C), fruticultura (F), pastagem (P), áreas descartadas (D) e com vegetação nativa (V). Esses autores concluíram que o uso agrícola promoveu alterações nos atributos físicos dos solos em relação ao solo sob vegetação nativa, e a qualidade do solo para os atributos físicos variou entre as camadas de 0-10 e 10-30 cm, exceto em áreas com vegetação nativa, que teve qualidade similar nessas camadas. Eles relataram ainda que os usos F (fruticultura) e P (pastagem) tiveram melhor qualidade física do solo em relação ao uso C (ciclo curto), nas camadas de 0-10 e 10-30 cm.

Conclusões

As práticas de uso e manejo podem implicar em alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

Avaliar qualidade do solo é fundamental para sustentabilidade em ecossistemas agrícolas.

Para interpretação dos dados obtidos, devem ser consideradas as variações sazonais.

Devem ser selecionados os indicadores que melhor reflitam as modificações sofridas pelo solo.

Referências

- ARAUJO FILHO, J. A.; SILVA, N. L. Prática e Processo Agropecuário. Sobral, CE: **EMBRAPA CNPC**, 2008, 13 p.
- ARAUJO, R. GOEDERT W.J., LACERDA M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 31:1099-1108, 2007.
- ARAUJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo, conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa aplicada e agrotecnologia [online]**, v.5, n.1, 2012.
- ARATANI R.G., FREDDI O.S., CENTURION J.F., ANDRIOLI I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.677-687, 2009.
- ARCOVERDE, S.N.S.; SALVIANO, A.M.; OLSZEWSKI, N.; MELO, B.S.; TONY JARBAS FERREIRA CUNHA, T.J.F.; VANDERLISE GIONGO, V.; PEREIRA, J.S. Qualidade Física de Solos em Uso Agrícola na Região Semiárida do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39:1473-1482, 2015.
- BARRETO, A.C.; LIMA, F.H.S.; ARAÚJO, Q.R.; FREIRE, F.J.; Características Químicas e Físicas de um Solo Sob Floresta, Sistema Agroflorestal e Pastagem no Sul da Bahia. **Revista Caatinga**, vol. 19, núm. 4, outubro-diciembre, 2006, pp. 415-425.
- BICKI, T.J. & SIEMENS, J.C. Crop response to wheel traffic soil compaction. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 34:909-913, 1991.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F., PEREIRA, H. S.; & AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo [online]**, v.33, n.1, p.147-157, 2009.
- CORRÊA, R.M.; FREIRE, M.B.G.S.; FERREIRA, R.L.C.; SILVA, J.A.A.; PESSOA, L.G.M.; MIRANDA, M.A.; MELO, D.V.M.; Atributos físicos de solos sob diferentes usos com irrigação no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.4, p.358-365, 2010.
- CORTEZ, J.W.; ALVES, A.D.S.; MOURA, M.R.D.; OLSZEWSKI, N.; JESUS, H.; Atributos Físicos do Argissolo Amarelo do Semiárido Nordeste Sob Sistemas de Preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 35, núm. 4, 2011, pp. 1207-1216.
- DE-POLLI, H. & GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. **Porto Alegre, Gênese**, 1999. p.389-412.
- DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, 120:201-214, 2004.
- DÍAZ-RAVIÑA, M.; ACEA, M.J. & CARBALLAS, T. Microbial biomass and its contribution to nutrient concentrations in forest soils. **Soil Biol. Biochem.**, 25:25-31, 1993.
- DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Anais**. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM.

- DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A.; eds. Defining soil quality for a sustainable environment. **Madison, SSSA**, 1994. p.1-20. (Special, 35).
- FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S.; Adubação Verde com Leguminosas em Videira no Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 28, núm. 4, julho-agosto, 2004, pp. 641-648.
- FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; & CURI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.3, p.417-428, 2012.
- HILLEL, D. Introduction to soil physics. **San Diego, Academic Press**, 1982. 364p.
- KÄMPF, N. & CURI, N. Conceitos de solo e sua evolução histórica. In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P., eds. Pedologia – fundamentos. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2012. v.1 p.1-20.
- KASUYA, M. C. M., eds. Fertilidade e biologia do solo: integração e tecnologia para todos. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2016. v.1. p.123-155.
- KARLEN, D.L. & STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. **Madison, SSSA**, 1994. p.53-72. (Special, 35).
- LIMA, H.V.; OLIVEIRA, T.S.; OLIVEIRA, M.M.; MENDONÇA, E.S.; LIMA, P.J.B.F.; Indicadores de Qualidade do Solo em Sistemas de Cultivo Orgânico e Convencional no Semi-Árido Cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:1085-1098, 2007.
- LIRA, R.B.; DIAS, N.S.; ALVES, S.M.C.; BRITO, R.F.; SOUSA NETO, O.N.; Efeitos dos Sistemas de Cultivo e Manejo da Caatinga Através da Análise dos Indicadores Químicos de Qualidade do Solo na Produção Agrícola em Apodi, RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 18-24, jul-set., 2012.
- MAIA, S.M.F.; XAVIER, F.A.S.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S.; ARAÚJO FILHO, J.A.; Impactos de Sistemas Agroflorestais e Convencional Sobre a Qualidade do Solo no Semi-Árido Cearense. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.837-848, 2006.
- MARTINS, M.C.; GALINDO, I.C.L.; SOUZA, E.D.; POROCA, H.A.; Atributos Químicos e Microbianos do Solo de Áreas em Processo de Desertificação no Semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:1883-1890, 2010.
- MAZOYER, M. & ROUDART, L. História das agriculturas do mundo: do neolítico à crise contemporânea. ed. **UNESP**; Brasília, DF: NEAD, 2010. p.568.
- NUNES, L.A.P.L.; ARAÚJO FILHO, J.A.; HOLANDA JÚNIOR, E.V.; MENEZES, R.I.Q.; Impacto da Queimada e de Enleiramento de Resíduos Orgânicos em Atributos Biológicos de Solo sob Caatinga no Semi-Árido Nordeste. **Revista Caatinga** (Mossoró, Brasil), v.22, n.1, p.131-140, janeiro/março de 2009.
- NUNES, L.A.P.L.; ARAÚJO FILHO, J.A.; MENEZES, R.I.Q.; Impacto da Queimada e do Pousio Sobre a Qualidade de um Solo Sob Caatinga no Semi-Árido Nordeste. **Caatinga (Mossoró, Brasil)**, v.19, n.2, p.200-208, abril/junho 2006.

PEREIRA, R. de C.; ALBANEZ, J. M.; & MAMÉDIO, I. M. P. Diversidade da meso e macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo de uso do solo em Cruz das Almas – BA. In: **Semana Entomológica da Bahia (SINSECTA)**, 2012.

SILVA, G.J.; SOUZA, J.C. & BIANCHINI, A. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, submetidas à irrigação subsuperficial e a diferentes graus de compactação de um Latossolo Vermelho-escuro distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:31-40, 2006.

SILVA, R. C. S.; ALMEIDA, J. C. R.; BATISTA, G. T.; FORTES NETO, P. Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais. **Repositório Eletrônico Ciências Agrárias**, Coleção Ciências Ambientais, <http://www.agro.unitau.br/dspace>. p.1-13, 2011.

SOANE, B.D. The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. **Soil Tillage Res.**, 16:179-201, 1990.

SOUZA, E. D.; PAULINO, H. B.; PACHECO, L. P.; & ZANIN, S. F. P. Atributos de solo e ciclagem de nutrientes em sistemas integrados de produção agropecuária. In: MOREIRA, F. M. S. & KASUYA, M. C. M. eds. *Fertilidade e biologia do solo: integração e tecnologia para todos*. v.1 **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 2016. p.123-155.

SOUZA, Z.M.; SILVA, M.L.S.; GUIMARÃES, G.L.; CAMPOS, D.T.S.; CARVALHO. M.P. & PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos em um latossolo vermelho distrófico sob semeadura direta em Selvíria (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:699-707, 2001.

VEZZANI, F. Qualidade do sistema solo na produção agrícola. 2001. 184p. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.743-755, 2009.