



DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n6p587-591>

## Indicadores da qualidade química do solo em áreas cultivadas com mamoeiro irrigado

Elis R. C. de Moraes<sup>1</sup>, Celsemy E. Maia<sup>1</sup>, Hiara R. S. C. Gaudêncio<sup>2</sup> & Danielle M. M. Sousa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas/Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, RN. E-mail: [elisregina@ufersa.edu.br](mailto:elisregina@ufersa.edu.br) (Autora correspondente); [celsemy@ufersa.edu.br](mailto:celsemy@ufersa.edu.br) (Bolsita CNPq)

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação Ambiente, Tecnologia e Sociedade/Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, RN. E-mail: [hiararuth@gmail.com](mailto:hiararuth@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, RN. E-mail: [daniellemariam@yahoo.com.br](mailto:daniellemariam@yahoo.com.br) (Bolsita CNPq PNPd)

### Palavras-chave:

qualidade do solo  
qualidade ambiental  
modelo matemático

### RESUMO

Propôs, neste trabalho, avaliar e comparar alterações químicas em áreas com diferentes tempos de cultivo com mamão formosa no Projeto de Irrigação do Baixo-Açu, RN, em relação à mata nativa da Caatinga. Para a área de referência, mata nativa de Caatinga, foram retiradas vinte amostras simples e em cada uma das cinco áreas cultivadas, uma amostra composta, formada a partir de vinte amostras simples. As características avaliadas foram cálcio, magnésio, potássio, sódio, fósforo, pH e CE e os metais pesados chumbo, níquel, cádmio, cobre, zinco, manganês e ferro; desta forma, observou-se aumento do desvio em relação à área de referência para fósforo e pH em todas as áreas e que a utilização dos índices foi uma ferramenta bastante eficiente na quantificação das alterações ocorridas para cada índice em relação à mata nativa.

### Key words:

soil quality  
environmental quality  
mathematical model

## Indices of chemical quality of soil in areas cultivated with irrigated papaya

### ABSTRACT

The current study has as purpose to evaluate and compare chemical changes in seven areas with different usage time cultivated with papaya in Irrigation Project Baixo, Açú, RN, in relation to native vegetation 'Caatinga'. For the native forest, twenty single samples were taken; and in each of the five areas cultivated a composite sample was formed from twenty single samples. The studied characteristics were calcium, magnesium, potassium, sodium, phosphorus, pH and EC as well as the heavy metals lead, nickel, cadmium, copper, zinc, manganese and iron. Thus, it was observed that there is an increase in the deviation related to the reference area for phosphorus and pH in all areas and that the use of indices was a very efficient tool in quantifying changes for each index in relation to the native vegetation.

## INTRODUÇÃO

A prática da irrigação é considerada alternativa de garantia na produção agrícola (Fernandes et al., 2010; Fernández-Cirelli et al., 2009) e tem relevância fundamental na estratégia para o desenvolvimento da agricultura de regiões semiáridas, como o nordeste brasileiro (Santos & Ribeiro, 2002). Segundo Nobre et al. (2010), em todo o mundo 18% da área agricultável, cerca de 275 milhões de hectares, são irrigados no Brasil cujo percentual é de 5% (aproximadamente 3 milhões de hectares), que corresponde a 16% da produção agrícola (Brito et al., 2002).

Na expansão da agricultura irrigada deve-se considerar aspectos relacionados à qualidade do manejo da água e do solo (Deng et al., 2006), além de quesitos sociais e econômicos. Dependendo do tipo de manejo adotado, os solos podem manter, melhorar ou piorar suas propriedades químicas, físicas e biológicas as quais refletem sua capacidade produtiva (Silva & Araújo, 2005); assim, pode-se considerar que a prática da agricultura irrigada é, quando mal planejada, uma atividade de risco potencial para a qualidade do solo, pois pode apresentar riscos de degradação de solos, incluindo a salinização e a sodificação (Corrêa et al., 2009). Tem-se, ainda, que o cultivo intensivo dos solos com utilização de insumos químicos (fertilizantes e pesticidas) pode aumentar o teor de metais pesados disponíveis às culturas, o que tem sido motivo de preocupação sobre suas consequências ao ambiente e à saúde humana, em razão da possibilidade do aumento do teor nos produtos agrícolas (Mendes et al., 2010).

Segundo Corrêa et al. (2009), as avaliações de usos agrícolas de solos utilizando-se atributos do solo como indicadores, constituem um trabalho constante na avaliação de sistemas produtivos com o objetivo de adaptar sistemas ou propor usos do solo mais sustentáveis; os autores ainda concluem que a variação dos atributos do solo na vegetação nativa é muito menor quando comparada com a dos solos de usos agrícolas e, por isso, a vegetação nativa é um referencial para avaliação de solos incorporados a sistemas agrícolas; pode-se, nesta comparação, observar as alterações de atributos do solo após a utilização agrícola comparar os usos agrícolas, verificando-se qual apresenta maior sustentabilidade.

Índices numéricos de qualidade do solo ou adoção de linhas de modelagem, gráfica ou matemática, podem ser utilizados visando facilitar a avaliação dos impactos ambientais pela comparação da qualidade de solos nativos e submetidos a diferentes usos, seja de forma extensiva ou intensiva (Araújo et al., 2007). Assim, a escolha de indicadores ou atributos a serem quantificados deve considerar, entre outros, os seguintes aspectos: facilidade de medição, sensibilidade a mudanças e limites claros entre condições de sustentabilidade e de não sustentabilidade (Goedert, 2005). Amaral et al. (2011) concluíram, verificando as alterações nos atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo Distrófico cultivado com feijão-caupi sob dois sistemas de irrigação no Perímetro Irrigado Gurguéia, sul do Piauí, que nas áreas irrigadas houve modificações nas condições de fertilidade do solo em relação à área de mata nativa, com aumento dos valores de SB, CTC efetiva, CTC potencial e saturação por bases e ainda diferenças nas condições físicas do solo foram observadas.

Neste contexto objetivou-se, com este trabalho, avaliar e comparar as alterações químicas nas áreas com diferentes tempos de uso com mamoeiro no projeto de irrigação do Baixo-Açu-RN, em relação à mata nativa da Caatinga.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Projeto de Irrigação do Baixo-Açu, no município de Pendências, no Estado do Rio Grande do Norte. Esta região foi selecionada pela prática da agricultura irrigada desde a década de 80. Segundo Koppen essas áreas apresentam clima do tipo BSw<sub>h</sub>, isto é, seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média anual de 27,4 °C, precipitação pluviométrica anual bastante irregular, com média de 673,9 mm e umidade relativa de 68,9% (Carmo Filho & Oliveira, 1995).

Seis áreas foram avaliadas, dentre as quais cinco áreas cultivadas (AC) com mamão formosa irrigadas com diferentes tempos de cultivos e uma de referência. Cada uma das áreas cultivadas possuía 8 ha com as mesmas características de solo e topografia, sendo AC1, AC2, AC3, AC4 e AC5, com 1, 2, 3, 4 e 5 anos de cultivo, respectivamente, e a área de referência a mata nativa de Caatinga do entorno do projeto. Em cada área cultivada a amostragem de solo foi realizada de forma aleatória na camada de 0-20 cm, sendo retiradas 20 amostras simples as quais foram homogeneizadas formando uma amostra composta. Na área de referência foram coletadas 40 amostras simples de forma aleatória na camada de 0-20 cm sendo analisadas as 40 amostras para estimar a média e o desvio padrão das características avaliadas. Após a coleta, os solos foram acondicionados em sacos plásticos identificados e levados ao laboratório e posteriormente analisados seguindo a metodologia recomendada pela EMBRAPA (2011).

As alterações da qualidade do solo das áreas de cultivo em relação à de referência, foram avaliadas pelo método proposto por Maia (2013), que leva em consideração a distribuição normal das características avaliadas e a comparação realizada com base nos desvios entre as áreas cultivadas e a de referência. Os dados de cada característica foram padronizados de acordo com a Eq. 1.

$$z_i = \frac{x - \bar{x}}{s} \quad (1)$$

em que:

$z_i$  - valor padronizado da variável normal com média  $\mu$  e desvio padrão  $\sigma$  igual a zero e 1, respectivamente

$x$  - valor da característica avaliada na área cultivada

$\bar{x}$  e  $s$  - são a média e o desvio padrão da característica avaliada na área de referência, respectivamente

Para estimar os valores dos índices de qualidade ambiental de cada característica avaliada, utilizaram-se as Eqs. 2, 3 e 4, para as condições de “mais é melhor”, “menos é melhor” e “valor máximo”, respectivamente, com  $\beta = \exp(-1,7145 \cdot z_i)$ , de acordo com Maia (2013), com  $IQ_i$  variando de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo a 1 melhor a qualidade do solo em relação à referência.

$$IQ_i = \frac{1}{1+\beta} \quad (2)$$

$$IQ_i = \frac{\beta}{1+\beta} \quad (3)$$

$$IQ_i = \frac{4\beta}{(1+\beta)^2} \quad (4)$$

Das características avaliadas foram considerados como “Quanto menos melhor” o Na, CE, Pb, Ni e o Cd e, como “valor máximo”, pH, P, Ca, Mg, K, Cu, Zn, Mn e Fe. Nenhuma das características avaliadas foi considerada como “Quanto mais melhor”. O índice de qualidade do solo (IQS) foi calculado pela Eq. 5:

$$IQS = \frac{\sum_{i=1}^n IQ_i}{n} \quad (5)$$

em que:

- IQS - índice de qualidade de solo da área avaliada  
 IQ<sub>i</sub> - índice de qualidade da característica avaliada  
 n - número de características avaliadas

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se, dentre as características avaliadas, tendência de melhoria da qualidade ambiental para Ca, K e Zn, das áreas cultivadas em relação à mata nativa enquanto para as demais características observou-se diminuição da qualidade ambiental (Tabelas 1 e 2). É necessário destacar que as maiores alterações foram para CE, P, Mn e Fe, sendo as alterações referentes a pH, provavelmente em razão da prática da irrigação, associadas ao baixo poder tampão dos solos com textura arenosa das áreas avaliadas, vindo a corroborar com Nunes et al. (2008).

Tabela 1. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para área de mata nativa, valores da análise do solo das áreas cultivadas (AC) e índice de qualidade para as características químicas

	pH	CE dS m <sup>-1</sup>	Ca	Mg	Na	K	P
			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				mg dm <sup>-3</sup>
Mata nativa							
Média	7,18	0,11	5,10	0,59	0,39	0,58	5,09
Desvio	0,78	0,06	2,55	0,36	0,02	0,28	3,59
CV (%)	10,34	56,83	50,06	60,76	6,33	47,79	70,57
Análise de solo das áreas cultivadas							
AC1	7,56	0,16	2,76	0,96	0,45	0,57	13,60
AC2	7,86	0,55	4,84	1,08	0,67	0,80	18,64
AC3	8,10	0,17	5,08	0,88	0,52	0,40	16,12
AC4	7,89	0,59	6,44	1,24	0,51	0,53	25,17
AC5	8,07	0,17	4,24	1,08	0,49	0,56	34,21
Índice de qualidade do solo (IQi)							
AC1	0,832	0,234	0,570	0,507	0,011	0,999	0,066
AC2	0,573	0,000	0,992	0,327	0,000	0,647	0,006
AC3	0,384	0,168	1,000	0,649	0,000	0,750	0,020
AC4	0,547	0,000	0,822	0,169	0,000	0,975	0,000
AC5	0,405	0,165	0,921	0,327	0,001	0,996	0,000

Tabela 2. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para área de mata nativa, valores da análise do solo das áreas cultivadas (AC) e índice de qualidade para características químicas

	Pb	Ni	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe
	mg dm <sup>-3</sup>						
Mata nativa							
Média	2,20	1,09	0,18	0,31	2,69	33,93	11,23
Desvio	0,29	0,44	0,04	0,10	1,40	32,13	26,78
CV (%)	13,01	40,12	22,51	31,86	51,96	94,70	238,51
Análise de solo das áreas cultivadas							
AC1	2,52	1,60	0,23	0,40	0,21	37,44	6,48
AC2	1,90	1,27	0,25	0,57	0,92	48,54	14,32
AC3	2,51	1,14	0,29	0,43	0,23	108,48	22,43
AC4	2,25	1,01	0,21	0,48	2,79	127,27	24,85
AC5	2,17	1,62	0,34	0,60	1,90	145,77	27,52
Índice de qualidade do solo (IQi)							
AC1	0,127	0,118	0,110	0,542	0,173	0,991	0,030
AC2	0,856	0,331	0,072	0,040	0,366	0,862	0,000
AC3	0,131	0,451	0,010	0,383	0,178	0,072	0,000
AC4	0,417	0,580	0,229	0,173	0,997	0,027	0,000
AC5	0,536	0,112	0,002	0,023	0,795	0,010	0,000

Nas áreas cultivadas os valores de pH variaram de 7,56 a 8,10 apresentando alcalinidade; entretanto, a mata nativa apresentou o mesmo comportamento, com valor de pH acima da neutralidade, pH médio de 7,18, valor de baixa disponibilidade de alguns nutrientes no solo, como o fósforo e micronutrientes, fato este também descrito por Gomes & Filizola (2006). A elevação do pH com o tempo de cultivo é devida ao carbonato e bicarbonato da água de irrigação, como demonstrado por Maia et al. (2001) e Maia (2013). Mendes et al. (2010) também verificaram ligeiro aumento de pH ao longo de três anos, em áreas cultivadas com melão na Chapada do Apodi.

Para a CE, semelhante ao pH, verificaram-se desvios positivos em todas as áreas (Tabela 1); porém se pode observar, em média, acréscimo de 193% quando comparadas as áreas de cultivo e a de mata nativa, o que representa uma variação expressa em valores médios, de 0,11 a 0,33 dS m<sup>-1</sup>. Resultados similares foram encontrados por Chaves et al. (2006) analisando a salinidade e o impacto da irrigação no Perímetro Araras Norte, Ceará, observando que o maior incremento de sais se deu na camada de 0 a 30 cm com uma CE de 2,16 dS m<sup>-1</sup>, enquanto na mata nativa o valor equivalente foi de 0,32 dS m<sup>-1</sup> representando, assim, um incremento de 577%. Esses autores enfatizaram que tal fato pode ser explicado pelo manejo da irrigação adotado pelo uso de fertilizantes minerais ricos em sais, como os cloretados e os nitrogenados.

Os teores médio de P na mata nativa foram de 5,09 mg dm<sup>-3</sup> e variaram de 13,60 a 34,21 mg dm<sup>-3</sup> nas áreas cultivadas com os valores de IQ<sub>i</sub> diminuindo com o tempo de uso das áreas (Tabela 3). O aumento do P nas áreas cultivadas pode ser explicado pelo efeito residual das adubações fosfatadas

Tabela 3. Índice de qualidade do solo (IQS) para os diferentes números de ciclos das áreas cultivadas (AC)

Áreas	IQS
AC1	0,379
AC2	0,362
AC3	0,300
AC4	0,353
AC5	0,307
Coefficiente de correlação	- 0,6984

durante esses anos; no entanto, embora com as concentrações elevadas nessas áreas, é possível ocorrer a precipitação de P na forma de  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  e adsorção ao  $\text{CaCO}_3$ , em virtude do elevado pH e das altas concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  observadas no solo. Neste caso, como o extrator de P utilizado foi o Mehlich 1, que tem grande eficiência em recuperar P ligado ao cálcio, pode ocorrer superestimação da disponibilidade de P, uma vez que esta forma de P não está prontamente disponível às plantas, à exceção daquelas que promovem acidificação em sua rizosfera, o que não ocorre com a cultura da bananeira (Nunes et al., 2008).

Com relação aos teores de sódio trocável (Na), foram maiores nas áreas cultivadas com relação à área de referência, em média 36%. Este acúmulo de Na está associado, possivelmente, à qualidade e ao manejo da água de irrigação. Assim, para não haver aumento de forma continuada no solo e futuramente favorecer problemas de produtividade nas áreas cultivadas, torna-se necessário um manejo efetivo da lâmina de irrigação utilizada (Dantas et al., 2012). O Na apresentou os menores valores de  $\text{IQ}_i$  (Tabela 1).

Para todas as áreas avaliadas observou-se que os teores de Ca foram sempre maiores que os de Mg, porém o  $\text{IQ}_i$  do Mg foi menor que o do Ca (Tabela 1). Segundo Quaggio (2000), isto é esperado pela série de retenção de cátions que determina que o Ca é mais fortemente retido na matriz coloidal do solo do que o Mg. Quanto aos menores desvios de K em relação ao Ca e Mg, isto se deve, provavelmente, ao resultado da lixiviação deste elemento e devido às baixas concentrações de  $\text{K}^+$  na água e ainda ao seu deslocamento do complexo sortivo dos solos provocado pelo  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  em concentrações muito mais elevadas na água (Brauner & Garcez, 1982; Quaggio et al., 1982).

Avaliados os metais pesados do solo tem-se, com exceção dos teores de Zn, que os demais apresentaram valores superiores nas áreas de cultivo quando comparados com os da mata nativa, sendo o aumento mais expressivo para Fe, cujo aporte foi, em média, de 1226%, em relação aos teores no solo com vegetação nativa e ainda os teores aumentaram com o tempo de cultivo (Tabela 2), diferente do encontrado por Mendes et al. (2010) para a cultura do melão, que verificaram um ligeiro decréscimo dos teores de Fe disponível com o tempo de cultivo.

O Cd e o Fe apresentaram valores de  $\text{IQ}_i$  muito baixos indicando alteração quando comparado com a Caatinga (Tabela 2). A principal fonte desses elementos no solo são as adubações, principalmente a fosfatada, que provém de rochas com a presença desses metais. Kassir et al. (2012) observaram, avaliando a mobilidade e a biodisponibilidade de Cu, Cd, Zn e Pb no solo adubados com fósforo durante 15 meses, que a sequência da mobilidade foi  $\text{Zn} > \text{Cd} > \text{Cu} > \text{Pb}$  e aumento nas concentrações de Cd, Zn, Pb e Cu de 64, 26, 84 e 16%, respectivamente, alertando para possível risco à cadeia alimentar e meio ambiente, sobremaneira as águas subterrâneas. Aumento nas concentrações de As, Cd e Pb em mais de 1000 áreas avaliadas na Califórnia, que receberam adubação fosfatada e com micronutrientes durante dezenas de anos foi verificado por Chen et al. (2008).

Levando em consideração as 14 características avaliadas neste trabalho e sabendo que a qualidade do solo é avaliada

pelas características que influenciam no crescimento e no desenvolvimento das plantas e ainda que o IQS considera a contribuição interativa de todos os atributos fornecendo uma avaliação abrangente da qualidade do solo, foram verificadas, nas sete áreas avaliadas, alterações expressivas na qualidade do solo nas áreas cultivadas, com relação à mata nativa. O coeficiente de correlação entre os IQS e o tempo de cultivo do meloeiro foi de -0,6984 (Tabela 3). Salienta-se que os desvios das características estão sendo avaliados em relação à área de mata nativa não significando que a mata nativa esteja na condição ótima para o cultivo agrícola.

Teoricamente, o melhor IQS é igual a 1 (Maia, 2013). Para as condições estudadas após um ano da cultura no campo, o IQS foi de 0,379, diminuindo ao longo dos anos até 0,307, com cinco anos de cultivo (Tabela 3); esses resultados corroboram com Wienhold et al. (2004) e Maia (2013). Wienhold et al. (2004) os quais concluíram que o índice de qualidade do solo estimou satisfatoriamente as alterações ocorridas no solo com os ciclos de cultivo em relação à mata nativa indicando que o uso desses índices é uma ferramenta apropriada para avaliar as alterações nos sistemas de cultivo; ressalta-se que esses autores utilizaram pesos para as características avaliadas.

## CONCLUSÕES

1. Nas áreas cultivadas ocorreu decréscimo dos índices de qualidade ambiental com o tempo de cultivo nas áreas cultivadas com relação à mata nativa.
2. Observou-se melhoria da qualidade ambiental para Ca, K, Zn e Fe e, para as demais características avaliadas, diminuição da qualidade ambiental das áreas cultivadas em relação à mata nativa.
3. Para os metais pesados os menores índices para Cd e Fe, indicaram alteração quando comparados com a mata nativa.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de PIBIC com vista à execução do trabalho; à FAPERN, pela disponibilização dos recursos pelo Programa Primeiros Projetos.

## LITERATURA CITADA

- Amaral, F. H. C.; Silva Júnior, G. B. da.; Nóbrega, J. C. A.; Costa, E. M. da; Silva, A. F. T. da; Nóbrega, R. S. A. Atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo cultivado com feijão-caupi sob diferentes sistemas de irrigação. *Revista Brasileira Ciências Agrárias*, v.6, p.467-473, 2011. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v6i3a1155>
- Araújo, 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*, v.31, p.1099-1108, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000500025>
- Brauner, J. L.; Garcez, J. R. B. Lixiviação de potássio, cálcio e magnésio em solos do Rio Grande do Sul submetidos à calagem, avaliada em condições de laboratório. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.6, p.89-93, 1982.

- Brito, R. A. L.; Couto, L.; Santana, D. P. Agricultura irrigada, recursos hídricos e produção de alimentos. Revista ITEM, n.55, p.64-69, 2002.
- Carmo Filho, F. do; Oliveira, O. F. de. Mossoró: Um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, 1995. 62 p. Coleção Mossoroense, série B.
- Chaves, L. C. G.; Andrade, E. M.; Crisóstomo, L. A.; Ness, R. L. L.; Lopez, J. F. B. Risco de degradação em solo irrigado do Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte, Ceará. Revista Ciência Agronômica, v.37, p.292-298, 2006.
- Chen, W.; Krage, N.; Wu, L.; Pan, G.; Khosrivafard, M.; Chang, A. C. Arsenic, cadmium, and lead in California cropland soils: Role of phosphate and micronutrient fertilizers. Journal Environmental Quality, v.37, p.689-695, 2008. <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2007.0444>
- Corrêa, R. M.; Freire, M. B. G. dos S.; Ferreira, R. L. C.; Freire, F. J.; Pessoa, L. G. M.; Miranda, M. A.; Melo, D. V. M. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, p.305-314, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000200008>
- Dantas, Joana D'Arc N.; Oliveira, T. S.; Mendonça, E. S.; Assis, C. P. Qualidade de solo sob diferentes usos e manejos no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, p.18-26, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000100003>
- Deng, X.; Shan, L.; Zhang, H.; Turner, N. C. Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China. Agricultural Water Management, v.80, p.23-40, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.021>
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- Fernandes, L. A. C.; Ribeiro, M. R.; Oliveira, L. B.; Ferreira, R. F. A. L. Caracterização e classificação de solos de uma litotoposequência do Projeto Xingó-SE. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.5, p.192-201, 2010. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v5i2a675>
- Fernández-Cirelli, A.; Arumí, J. L.; Rivera, D.; Boochs, P. W. Environmental effects of irrigation in arid and semi-arid regions. Chilean Journal Agricultural Research, v.69, p.27-40, 2009. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392009000500004>
- Goedert, W. J. Qualidade do solo em sistemas de produção agrícola. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30, 2005, Recife. Anais... Recife: SBCS, 2005. p.1-20.
- Gomes, M. A. F.; Filizola, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. 1.ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2006. 8p.
- Kassir, L. N.; Darwish, T.; Shaban, A.; Olivier, G.; Ouaini, N. Mobility and bioavailability of selected trace elements in Mediterranean red soil amended with phosphate fertilizers: Experimental study. Geoderma, v.189-190, p.357-368, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.05.017>
- Maia, C. E. Qualidade ambiental em solos com diferentes ciclos de cultivo do meloeiro irrigado. Ciência Rural, v.43, p.603-609, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000400007>
- Maia, C. E.; Morais, E. R. C.; Oliveira, M. Estimativa de carbonato de cálcio aplicado via água de irrigação nas regiões da Chapada do Apodi e Baixo Açu, RN. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, p.71-75, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662001000100013>
- Mendes, A. M. S.; Duda, G. P.; Nascimento, C. W. A. do; Lima, J. A. G.; Medeiros, A. D. L. Acúmulo de metais pesados e alterações químicas em Cambissolo cultivado com meloeiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.791-796, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000800001>
- Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Soares, F. A. L.; Andrade, L. O.; Nascimento, E. C. S. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, v.14, p.747-754, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000700010>
- Nunes, W. A. G. A.; Ker, J. C.; Neves, J. C. L.; Ruiz, H. A.; Beirigo, R. M.; Boncompani, A. L. P. Características químicas de solos da região de Janaúba, MG, irrigados com água de poços tubulares e do Rio Gorutuba. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.227-236, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100022>
- Quaggio, J. A. Acidez e calagem em solos tropicais. 1.ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2000. 111p.
- Quaggio, J. A.; Dechen, A. R.; Raij, B. van. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.6, p.189-194, 1982.
- Santos, E. E. F.; Ribeiro, M. R. Influência da irrigação e do cultivo nas propriedades químicas de solos da região do Submédio São Francisco. Acta Scientiarum, v.24, p.1507-1516, 2002
- Silva, D. J.; Araújo, C. A. de S. Agricultura irrigada: a importância da adubação. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30, 2005, Recife. Anais... Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD-Rom
- Wienhold, B. J.; Andrews, S. S.; Karlen, D. L. Soil quality: A review of the science and experiences in the USA. Environmental Geochemistry and Health, v.26, p.89-95. 2004. <http://dx.doi.org/10.1023/B:EGAH.0000039571.59640.3c>