



## Qualidade do solo cultivado com banana irrigada e sua relação com áreas de caatinga

Elis R. C. de Moraes<sup>1</sup>, Arthur A. S. Oliveira<sup>2</sup> & Celsemy E. Maia<sup>3</sup>

<sup>1</sup> UFERSA. Mossoró, RN. E-mail: [elisregina@ufersa.edu.br](mailto:elisregina@ufersa.edu.br) (Autora correspondente)

<sup>2</sup> UFERSA. Mossoró, RN. E-mail: [arthurallan\\_16@hotmail.com](mailto:arthurallan_16@hotmail.com)

<sup>3</sup> UFERSA. Mossoró, RN. E-mail: [celsemy@ufersa.edu.br](mailto:celsemy@ufersa.edu.br) (Bolsista CNPq)

### Palavras-chave:

modelo matemático  
índice de qualidade ambiental,  
sustentabilidade ambiental

### RESUMO

Neste trabalho se observou, nos últimos anos, uma preocupação crescente com o uso sustentável além da qualidade dos recursos naturais, especialmente do solo e da água, em razão do aumento das atividades antrópicas, contexto no qual se propôs, no estudo, avaliar e comparar as alterações químicas em sete áreas com diferentes tempos de uso com bananeira, no Projeto de Irrigação do Baixo-Açu, RN, em relação à mata nativa da caatinga do entorno do projeto. Cada uma das áreas cultivadas possui 8 ha entre os quais foram coletadas, aleatoriamente, vinte amostras simples para formar uma amostra composta enquanto na área de mata nativa também se coletaram vinte amostras simples para estimar a média e o desvio. As características avaliadas foram cálcio, magnésio, potássio, sódio, fósforo, pH e CE e os metais pesados chumbo, níquel, cádmio, cobre, zinco, manganês e ferro. Os resultados evidenciaram relação estreita e inversa entre a qualidade do solo e a intensidade de uso a que as áreas foram submetidas e ainda que o método utilizado para avaliar a qualidade ambiental do solo permitiu verificar as alterações nas áreas cultivadas em referência à mata nativa diminuindo o índice de qualidade ambiental com o tempo, sendo menor que 0,5 a partir do quinto ano de cultivo.

### Key words:

mathematical model  
environmental quality index  
environmental sustainability

## Soil quality under irrigated banana and its relationship with areas of 'Caatinga'

### ABSTRACT

In recent years there is a growing concern about the quality and sustainable use of natural resources, especially soil and water due to the increase of human activities; thus, the current study has as purpose to evaluate and to compare chemical changes in seven areas with different usage time with banana in Irrigation Project Baixo Açu, RN, in relation to native vegetation 'Caatinga'. Each of the cultivated areas have 8 ha, twenty soil samples were collected in each area to form a composite sample and in the area of native forest also twenty samples were collected to estimate the mean and standard deviation. The characteristics studied were calcium, magnesium, potassium, sodium, phosphorus, pH and EC as well as the heavy metals lead, nickel, cadmium, copper, zinc, manganese and iron. The results showed a close inverse relationship between soil quality and intensity of use that areas were submitted, and that the method used to analyse the quality of the soil has shown changes in cultivated areas in relation to native forest, reducing the environmental quality index over time, being less than 0.5 from the fifth year of cultivation.

## INTRODUÇÃO

O uso sustentável dos recursos naturais, especialmente do solo e da água, tem-se constituído em tema de crescente relevância considerando-se o aumento das atividades antrópicas uma das principais razões; dentro deste contexto a intensificação no uso das áreas em subirrigação poderá afetar a qualidade do solo (Srinivasan & McDowell, 2009). Vários são os perímetros irrigados no Nordeste brasileiro que apresentam problemas de degradação física e química dos solos (Aguiar Netto et al., 2007) muitas vezes, resultantes da falta de informações sobre as potencialidades e limitações de uso e do seu bom manejo. Neste sentido faz-se necessário, além de quesitos sociais e econômicos na expansão da agricultura irrigada, considerar também os

aspectos relacionados à qualidade no manejo da água e do solo capazes de garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção em longo prazo (Deng et al., 2006).

Alguns índices que avaliam a degradação e a produtividade nos agroecossistemas são baseados no monitoramento de alguns atributos físicos e químicos do solo (Diepeningen et al., 2006); ressalta-se, porém, que a intensidade das alterações desses atributos varia conforme os diferentes sistemas de manejo adotados (Neves et al., 2007). Para Dantas et al. (2012) tais atributos constituem, em diferentes situações de dimensionamento e tipos de irrigação, práticas de manejo, qualidade de água e especificidades das culturas, a base para a identificação de alternativas sustentáveis ajustadas à condição semiárida. Nunes et al. (2008) verificaram, em bananeais do

norte de Minas Gerais, que o uso de águas de irrigação ricas em carbonato de cálcio tem provocado alterações nas características químicas dos solos, com elevação do pH e dos teores de cálcio e sódio.

O estabelecimento de índices de qualidade do solo é útil na tarefa de avaliação de impactos ambientais quando biomas são incorporados ao processo produtivo, seja de forma extensiva ou intensiva. Torna-se, assim, um instrumento importante nas funções de controle, fiscalização e monitoramento de áreas destinadas à proteção ambiental (Araújo et al., 2007). Maia (2013) propôs um método para avaliar a qualidade do solo com diferentes ciclos de cultivo com meloeiro, quantificando a diminuição da qualidade do solo em relação à mata nativa com o aumento dos ciclos de cultivo de várias características químicas do solo. O método consiste em avaliar áreas cultivadas em relação a áreas de referência através do método estatístico para gerar índice de avaliação da qualidade ambiental por meio dos desvios entre estas.

Diferentes enfoques têm sido propostos para se estabelecer critérios de referência destacando-se o uso do solo de área sob vegetação natural não degradada, em virtude de representar as condições ecológicas de estabilidade do ambiente e parâmetros agrônômicos que maximizem a produção e conservem o meio ambiente. Dentre os atributos químicos utilizados como critérios de referência são afetados pela prática da irrigação, o pH, a capacidade de troca catiônica e os cátions trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ ) e a matéria orgânica do solo (Lima et al., 2009; Assis et al., 2010). Alterações nesses atributos podem afetar a qualidade do solo uma vez que influencia na atividade biológica, disponibilidade de nutrientes e decomposição da matéria orgânica do solo (Dexter, 2004).

Neste contexto objetivou-se, com este trabalho, avaliar e comparar as alterações químicas nas áreas com diferentes tempos de uso com bananeira no projeto de irrigação do Baixo-Açu, RN em relação à mata nativa da Caatinga usando-se o índice de qualidade ambiental proposto por Maia (2013).

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Distrito de Irrigação do Baixo-Açu, localizado no município de Pendências, Estado do Rio Grande do Norte. Esta região foi selecionada pela prática da agricultura irrigada desde a década de 80, principalmente com a cultura da bananeira. O clima da área é caracterizado, segundo a classificação de Koppen, com 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).

Oito áreas foram avaliadas, dentre as quais sete cultivadas (AC) com banana irrigada com diferentes tempos de cultivo 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, AC5, AC6 e AC7, com 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 anos de cultivo, respectivamente, e a área de referência a mata nativa de caatinga do entorno do projeto.

Nas áreas cultivadas a amostragem de solo foi feita de forma aleatória na camada de 0-20 cm, com auxílio de um trado holandês, sendo retiradas 20 amostras simples para formar uma amostra composta. Na área de mata nativa também foram coletadas 20 amostras simples, de forma aleatória, na camada de 0-20 cm, e analisadas as 20 amostras para estimar a média e o desvio padrão das seguintes características avaliadas: pH em água (1:2,5) determinado por potenciometria; condutividade elétrica (CE), Ca, Mg e Na trocáveis extraídos com acetato de amônio, sendo Ca e Mg quantificados por titulometria com EDTA 0,0125 M; Na e K por fotometria de chama; P e os metais pesados (Pb, Ni, Cd, Mn e Fe) extraídos com Mehlich-1, sendo o P quantificado por calorimetria e os metais pesados em espectrofotômetro de absorção atômica (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) a qual leva em consideração a distribuição normal das características avaliadas cuja comparação é feita 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  $s$  - média e o desvio padrão da característica avaliada na área de referência, respectivamente

Utilizaram-se, para estimar os valores dos índices de qualidade (IQ) ambiental de cada característica avaliada, 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  $\text{IQ}_i$  variando de 0 a 1, isto é, quanto mais próximo a 1, melhor a qualidade do solo em relação à referência.

$$\text{IQ}_i = \frac{1}{1 + \beta} \quad (2)$$

$$\text{IQ}_i = \frac{\beta}{1 + \beta} \quad (3)$$

$$\text{IQ}_i = \frac{4\beta}{(1 + \beta)^2} \quad (4)$$

Das características avaliadas foram considerados “Quanto menos melhor”, Na, CE, Pb, Ni e Cd e, como “valor máximo”, considerou-se pH, P, Ca, Mg, K, Cu, Zn, Mn e Fe. Nenhuma característica avaliada 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, Zn e Fe, das áreas cultivadas em relação à mata nativa; já para as demais características, constatou-se diminuição da qualidade ambiental (Tabelas 1 e 2). É necessário destacar que as maiores alterações foram para pH, P e Mn, sendo as alterações referentes a pH em razão, provavelmente, da qualidade da água usada na irrigação associado ao baixo poder tampão dos solos com textura arenosa das áreas avaliadas, corroborando com Nunes et al. (2008).

Nas áreas cultivadas os valores de pH variaram de 7,27 a 8,03 apresentando alcalinidade; entretanto, a mata nativa apresentou o mesmo comportamento, com valor de pH acima da neutralidade, pH médio de 7,27, valor de baixa disponibilidade de alguns nutrientes no solo, como o fósforo e micronutrientes, fato este também descrito por Gomes & Filizola (2006) que citam que solos ideais para cultivo devem apresentar pH entre 6,0 e 6,5. De acordo com Longo & Melo (2005) a elevação do pH nas áreas cultivadas pode ser resultado da hidrólise de fertilizantes como, por exemplo, a ureia, muito utilizada pelos agricultores da área estudada.

**Tabela 1.** Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para a área de Mata nativa, valores da análise do solo das áreas cultivadas (AC) e índice de qualidade (IQ<sub>i</sub>) para 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	7,27	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 (%)	10,74	56,83	50,06	60,76	6,33	47,79	70,57
Análise de solo							
AC1	8,03	0,26	4,80	0,80	0,52	0,50	7,42
AC2	7,87	0,26	7,16	1,60	0,52	0,59	8,01
AC3	7,99	0,34	4,08	0,72	0,47	0,61	8,60
AC4	7,27	0,11	4,04	0,88	0,42	0,40	7,83
AC5	7,87	0,21	5,16	1,12	0,76	0,35	10,40
AC6	7,91	0,21	5,16	1,60	0,51	0,38	19,85
AC7	7,94	0,34	2,72	0,64	0,44	0,44	29,43
IQ <sub>i</sub>							
AC1	0,530	0,018	0,990	0,793	0,000	0,694	0,745
AC2	0,663	0,018	0,641	0,033	0,000	0,999	0,637
AC3	0,563	0,002	0,891	0,915	0,004	0,741	0,531
AC4	1,000	0,514	0,883	0,649	0,104	0,993	0,670
AC5	0,663	0,067	1,000	0,279	0,000	0,623	0,272
AC6	0,629	0,067	1,000	0,033	0,000	0,939	0,003
AC7	0,604	0,002	0,560	0,988	0,028	0,830	0,000

AC1, AC2, AC3, AC4, AC5, AC6 e AC7, com 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 anos de cultivo, respectivamente

**Tabela 2.** Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para área de Mata nativa, valores da análise do solo das áreas cultivadas e índice de qualidade (IQ<sub>i</sub>) 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							
AC1	2,00	1,63	0,19	0,60	1,70	1,06	10,70
AC2	2,74	2,14	0,14	0,41	1,88	1,76	7,12
AC3	2,70	1,68	0,17	0,58	0,89	8,04	2,81
AC4	2,94	2,38	0,22	0,74	1,04	22,55	0,43
AC5	3,13	2,17	0,20	0,55	0,30	38,06	0,50
AC6	2,94	1,70	0,20	0,51	0,08	67,91	0,06
AC7	2,88	2,16	0,20	0,40	0,06	105,36	0,06
IQ <sub>i</sub>							
AC1	0,763	0,108	0,456	0,023	0,706	0,503	1,000
AC2	0,037	0,016	0,840	0,484	0,786	0,517	0,983
AC3	0,047	0,089	0,649	0,034	0,357	0,642	0,931
AC4	0,011	0,006	0,177	0,002	0,410	0,913	0,889
AC5	0,004	0,014	0,333	0,055	0,192	0,988	0,891
AC6	0,011	0,083	0,372	0,102	0,150	0,482	0,882
AC7	0,016	0,015	0,315	0,565	0,147	0,085	0,882

AC1, AC2, AC3, AC4, AC5, AC6 e AC7, com 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 anos de cultivo, respectivamente

Para a CE, semelhante ao pH, verificaram-se desvios positivos em todas as áreas (Tabela 2); entretanto, pode-se observar, em média, acréscimo de 120% quando comparadas as áreas de cultivo e a de mata nativa; isto representa uma variação expressa em valores médios de 0,112 a 0,264 dS m<sup>-1</sup>. Resultados similares foram encontrados por Chaves et al. (2006) que, analisando a salinidade e o impacto da irrigação no Perímetro Araras Norte, Ceará, observaram 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 que na mata nativa o valor equivalente foi de 0,32 dS m<sup>-1</sup>, representando, assim, um incremento de 577%. Os 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 de fósforo (P) variaram de 5,09 mg dm<sup>-3</sup> na mata nativa a 29,43 mg dm<sup>-3</sup> na área AC7, com dez anos de cultivo, com os valores de IQ<sub>i</sub> diminuindo com o tempo de uso das áreas (Tabela 2). O aumento do P nas áreas cultivadas pode ser explicado pelo efeito residual das adubações fosfatadas durante esses anos; apesar das concentrações elevadas nessas áreas, pode ocorrer precipitação de P na forma de Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> além de adsorção ao CaCO<sub>3</sub>, em razão do elevado pH e das altas concentrações de Ca<sup>2+</sup> observadas no solo caso em que, 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 com exceção daquelas que promovem acidificação em sua rizosfera, o que não ocorre com a cultura da bananeira (Nunes et al., 2008).

Quanto aos teores do sódio trocável (Na) foram maiores nas áreas cultivadas com relação à área de referência, em média 34%. O acúmulo de Na está associado, provavelmente, à qualidade

e ao manejo da água de irrigação. Desta forma, para não haver aumento de forma continuada no solo e futuramente ocasionar problemas de produtividade nas áreas cultivadas, torna-se imprescindível um manejo efetivo da lâmina de irrigação utilizada (Dantas et al., 2012).

Para o potássio (K) verifica-se redução, em média, da concentração deste nutriente de 20% das áreas de cultivo em relação à área de referência, sendo tal redução mais acentuada para as áreas AC4, AC5, AC6 e AC7 (Tabela 1). Esses resultados corroboram com os encontrados por Araújo et al. (2007) quando afirmam que, em geral, os teores de K tendem a decrescer com o tempo de uso. A redução nos teores de K pode ainda ser atribuída à exportação pelos frutos visto que a bananeira é uma cultura muito exigente deste nutriente, a concentração de K no solo em determinados períodos pode ser insuficiente para suprir a nutrição desta cultura. Teixeira et al. (2001) também verificaram, avaliando ciclos de produção de bananeiras irrigadas, reduções significativas nos teores de K trocável do solo sob irrigação. Há, ainda, a possibilidade de perda de K por lixiviação.

Para todas as áreas avaliadas observou-se que os teores de Ca foram sempre maiores do que os de Mg (Tabela 2). Segundo Quaggio (2000) o evento era 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; apesar disto, os  $IQ_i$  para Ca variaram de 0,56 a 1,00 enquanto para o Mg apenas AC3 e AC7 apresentaram  $IQ_i$  maiores que 0,90, sendo os menores  $IQ_i$  de 0,033 para AC2 e AC6 devido ao aumento dos teores de Mg nas duas áreas, passando de 0,59 na mata nativa para 1,60  $cmol_c\ dm^{-3}$ .

Além dos teores absolutos dos cátions K, Ca e Mg, é importante, para a bananeira, o equilíbrio entre estes nutrientes. Uma indicação do equilíbrio entre os cátions é a relação K/Mg, segundo Delvaux (1995) solos que apresentam relações K/Mg entre 0,30 e 0,45 se encontram balanceados, relações superiores a 0,6 indicam excesso de  $K^+$  enquanto inferior a 0,2 mostram deficiência desse nutriente no solo. Neste trabalho se verificaram relações balanceadas de K/Mg para AC3, AC4, AC5, AC6 e AC7 e para AC1 e AC2 a relação indicou excesso de K no solo (Tabela 3). As relações Ca/Mg e Ca/K se apresentaram altas para todas as áreas (Tabela 3) ficando fora das faixas ótimas requeridas pela cultura da banana, que devem se situar entre 1,5/1 a 3/1 e de

**Tabela 3.** Valores médios das relações Ca/Mg, Ca/K, K/Mg, K/ε e Mg/ε para área de Mata nativa e para as áreas cultivadas

Áreas	Ca/Mg	Ca/K	K/Mg	K/ε	Mg/ε
Mata nativa	11,31	10,08	1,47	0,11	0,10
AC1	6,00	12,63	0,48	0,06	0,13
AC2	4,48	12,14	0,37	0,06	0,17
AC3	5,67	10,20	0,56	0,08	0,14
AC4	4,59	6,62	0,69	0,11	0,16
AC5	4,61	14,74	0,31	0,05	0,17
AC6	3,23	10,32	0,31	0,07	0,22
AC7	4,25	6,18	0,69	0,12	0,17

AC1, AC2, AC3, AC4, AC5, AC6 e AC7, com 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 anos de cultivo, respectivamente  
 $\epsilon = Ca + Mg + K$

1/6 a 1/7, respectivamente (Delvaux, 1995). Este desequilíbrio também foi verificado por Nunes et al. (2008).

Avaliados os metais pesados do solo observou-se que, com exceção do Fe, valores de  $IQ_i$  muito baixos, indicam alteração quando comparados com os da Caatinga, principalmente para o Pb e o Ni (Tabela 2). A principal fonte desses elementos no solo está nas adubações, sobretudo a fosfatada, que provém de rochas com presença desses metais. Avaliando a mobilidade e a biodisponibilidade de Cu, Cd, Zn e Pb no solo adubado com fósforo durante 15 meses, Kassir et al. (2012) observaram que a sequência da mobilidade foi  $Zn > Cd > Cu > Pb$  e o aumento nas concentrações de Cd, Zn, Pb e Cu em 64, 26, 84 e 16%, respectivamente, alertando para possível risco à cadeia alimentar e meio ambiente, sobremaneira as águas subterrâneas. Chen et al. (2008) verificaram aumento nas concentrações de As, Cd e Pb em mais de 1000 áreas avaliadas na Califórnia as quais receberam adubação fosfatada e com micronutrientes durante dezenas de anos.

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 desenvolvimento das plantas e ainda que o IQS considera a contribuição interativa de todos os atributos fornecendo uma avaliação abrangente da qualidade do solo, verificou-se, nas sete áreas avaliadas, perdas expressivas de qualidade do solo nas áreas cultivadas com relação à mata nativa, com coeficiente de correlação de -0,8618 (Tabela 4). Vale salientar 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.

**Tabela 4.** Índice de qualidade do solo (IQS) para os diferentes números de ciclos das áreas cultivadas

Áreas	IQS
AC1	0,524
AC2	0,475
AC3	0,457
AC4	0,516
AC5	0,384
AC6	0,340
AC7	0,360
Coefficiente de correlação	-0,8618

AC1, AC2, AC3, AC4, AC5, AC6 e AC7, com 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 anos de cultivo, respectivamente

Teoricamente, o melhor IQS é igual a 1 observando-se, para as condições estudadas, que quando a cultura já estava com quatro anos no campo o IQS foi de 0,524, diminuindo ao longo dos anos até 0,360 com dez anos de cultivo (Tabela 4) esses resultados corroboram com Maia (2013) e com Wienhold et al. (2004). Wienhold et al. (2004) concluíram que o índice de qualidade do solo estimou satisfatoriamente as alterações ocorridas no solo com os ciclos de cultivo quanto à mata nativa, indicando que o uso desses índices é uma ferramenta apropriada para avaliar as alterações nos sistemas de cultivo e lembram que os índices devem ser normalizados para que possam ser comparadas áreas com diferentes práticas de manejo avaliando, então, a sustentabilidade do sistema.



## CONCLUSÕES

1. O método utilizado para avaliar a qualidade ambiental do solo permitiu verificar as alterações nas áreas cultivadas em relação à mata nativa diminuindo o índice com o tempo, sendo índice de qualidade do solo (IQS) menor que 0,5 a partir do quinto ano de cultivo.
2. Ocorreu diminuição do IQS com o tempo de cultivo, sendo as maiores contribuições negativas para CE, Na, Pb e Ni.
3. 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.
4. Para áreas cultivadas com 6, 7, 8, 9 e 10 anos verificaram-se relações balanceadas de K/Mg e para áreas cultivadas com 4, 5 anos, a relação indicou excesso de K no solo.
5. As relações Ca/Mg e Ca/K se apresentaram altas para todas as áreas.
6. Com exceção do Fe, os demais metais apresentaram valores de  $IQ_i$  muito baixos, indicando alteração quando comparado com a mata nativa, principalmente para o Pb e o Ni.

## AGRADECIMENTOS

À UFERSA, ao CNPq, pela concessão da bolsa de PIBIC para a execução do trabalho e à FAPERN, pela disponibilização dos recursos pelo Programa Primeiros Projetos.

## LITERATURA CITADA

- Aguiar Netto, A. O.; Gomes, C. C. S.; Lins, C. C. V.; Barros, A. C.; Campeche, L. F. S. M.; Blanco, F. F. Características químicas e salino-sodicidade dos solos do Perímetro Irrigado Califórnia, SE, Brasil. *Ciência Rural*, v.37, p.1640-1645, 2007.
- 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.
- Assis, C. P.; Oliveira, T. S.; Dantas, J. N.; Mendonça, E. S. Organic matter and phosphorus fractions in irrigated agroecosystems in a semi-arid region of Northeastern Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.138, p.74-82, 2010.
- Carmo Filho, F. do; Oliveira, O. F. de. Mossoró: Um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, 1995. 62p. 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.
- Dantas, J. D. 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.
- Delvaux, B. Soils. In: Gowen, S. Bananas and plantains. London: Chapman & Hall, 1995. Cap.3, p.230-257.
- 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.
- Dexter, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density and organic matter and effects on root growth. *Geoderma*, v.120, p.201-214, 2004.
- Diepeningen A. D. van; Vos O. J. de; Korthals, G. W.; Bruggen, A. H. C. van. Effects of organic versus conventional management on chemical and biological parameters in agricultural soils. *Applied Soil Ecology*, v.31, p.120-135, 2006.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análise químicas de solos. 2ed. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- Gomes, M. A. F.; Filizola, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. Jaguaruiúna: 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.
- Lima, M. E.; Carvalho, D. F.; Souza, A. P.; Guerra, J. G. M.; Ribeiro, R. L. D. Desempenho da alfafa em cultivo orgânico com e sem cobertura morta e diferentes lâminas d'água. *Ciência e Agrotecnologia*, v.33, p.1503-1510, 2009.
- Longo, R. M.; Melo, W. J. Hidrólise da uréia em latossolos: Efeito da concentração de uréia, temperatura, pH, armazenamento e tempo de incubação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.651-657, 2005.
- Maia, C. E. Qualidade ambiental em solos com diferentes ciclos de cultivo do meloeiro irrigado. *Ciência Rural*, v.43, p.603-609, 2013.
- Neves, C.M.N. das; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Cardoso, E. L.; Macedo, R. L. G.; Ferreira, M. M; Souza, F. S. de. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de Minas Gerais. *Scientia Forestalis*, v.74, p.45-53, 2007.
- 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.
- Quaggio, J. A. Acidez e calagem em solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2000. 111p.
- Srinivasan, M. S.; McDowell, R. W. Irrigation and soil physical quality: An investigation at a long-term irrigation site. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, v.52, p.113-121, 2009.
- Teixeira, L. A. J.; Natale, W.; Ruggiero, C. Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.23, p.684-689, 2001.
- 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.