

Jacqueline S. Mendes²Lúcia H.G. Chaves³Iêde B. Chaves³

Variabilidade temporal da fertilidade, salinidade e sodicidade de solos irrigados no município de Congo, PB¹

RESUMO

Este trabalho foi conduzido em áreas irrigadas da região de Congo, PB, com o objetivo de se avaliar a variabilidade temporal da fertilidade, salinidade e sodicidade dos solos dessas áreas, através de amostragem aleatória. Amostras de solos foram coletadas em 27 pontos na camada de 0-20 cm de profundidade, em dois períodos do ano, chuvoso (maio/06) e seco (dezembro/06). Os parâmetros determinados pH, Ca, Mg, K, MO, P, CE_{es} e PST foram analisados através da estatística descritiva. Os solos apresentaram, quanto à fertilidade, teores elevados de Ca, Mg, K e P, não diferindo entre os períodos do ano e as áreas de coleta; já com relação à MO, será imprescindível sua aplicação, uma vez que nas áreas estudadas em ambos os períodos, predominaram teores médios. Os solos, nos diferentes períodos do ano e áreas de estudo, quanto à presença de sais e de sódio, foram classificados, predominantemente, como normais e não sódicos, devido às baixas CE_{es} e PST, respectivamente. Os valores dos parâmetros analisados variaram entre as épocas de amostragem.

Palavras-chave: macronutrientes, condutividade elétrica, percentagem de sódio trocável

Temporal variability of soil fertility, salinity and sodicity in irrigated soils in the municipality of Congo, Paraíba state, Brazil

ABSTRACT

This study was carried out in irrigated areas of the Congo region, Paraíba State, Brazil, aiming to evaluate the temporal variability of soil fertility, salinity and sodicity, through random sampling. Soil samples were collected in 27 points at 0 – 20 cm soil depth, during rainy (May/06) and dry (December/06) periods. The soil parameters such as pH, Ca, Mg, K, MO, P, EC_{se} and ESP were analyzed using descriptive statistics. The soils of the studied area in both periods presented high concentrations of Ca, Mg, K and P and medium values of OM. These results indicate that an increase in soil fertility may be reached with additions of OM. The soil samples were considered normal in relation to salinity and sodicity due to low EC_{se} and ESP, respectively. The analyzed parameters showed variation between the sampling periods.

Key words: macronutrients, electrical conductivity, exchangeable sodium percentage

²Departamento de Engenharia Agrícola/CTRN/UFCCG. CEP: 58109-970, Bodocongó, Campina Grande, Paraíba. jacqueline.mendes@hotmail.com; lhgarofalo@hotmail.com

³Departamento de Solo e Engenharia Rural, CCA/UFPB. Campus II, Areia, PB, CEP 58397-000. iedebchaves@hotmail.com

¹ Parte da Dissertação do primeiro autor apresentada ao PPG de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, financiada pela CAPES

INTRODUÇÃO

Os solos, por serem sistemas dinâmicos e abertos, estão em constantes modificações constituindo, assim, corpos heterogêneos com ampla variação das propriedades químicas e físicas, as quais podem influenciar diretamente na fertilidade dos solos (Vitti, 1987); além disso, em área cultivada existem fontes adicionais de heterogeneidade no solo devido, por exemplo, aos diversos sistemas de preparo do solo, à adubação mineral, à aplicação de matéria orgânica, dentre outras ações antrópicas, que podem vir a ocorrer (Silveira & Cunha, 2002).

De acordo com a literatura, um solo fértil é aquele que contém quantidades suficientes e balanceadas de todos os nutrientes, em formas assimiláveis; por outro lado, deve estar livre de substâncias tóxicas e possuir propriedades físicas e químicas satisfatórias; assim, um solo pode ser bem suprido em nutrientes sob a forma disponível e ser infértil, pois outros fatores limitam o desenvolvimento vegetal. Exemplificando, tem-se os solos salinos, sódicos ou salino-sódicos que, apesar de terem elevada concentração de nutrientes, por apresentarem altos conteúdos de sais solúveis ou de sódio trocável, não são produtivos (Santos & Muraoka, 1997).

A alta condutividade elétrica dos solos salinos, por elevar o potencial osmótico da solução do solo restringindo a absorção de nutrientes pelas plantas, interferindo no desenvolvimento das mesmas e reduzindo a produção a níveis anti-econômicos. O excesso de sódio trocável no complexo sortivo dos solos causa dispersão das partículas de argila reduzindo, assim, a permeabilidade do solo e, conseqüentemente, a produtividade das culturas por falta de aeração (FAO/UNESCO, 1973).

Dentre os principais fatores que causam a salinização dos solos, a qualidade da água de irrigação contribui efetivamente para aumentar o teor de sais na solução do solo (Rhoades, 1974); no entanto, esta salinização depende também das características físico-químicas do solo em seu estado natural e das técnicas de manejo a ele aplicadas (Silva Filho et al., 2000).

A salinidade, assim como outras propriedades físicas e químicas do solo, apresenta variabilidade espacial e temporal natural em função das práticas de manejo utilizadas, da profundidade do lençol freático, da permeabilidade do solo, da taxa de evapotranspiração, das chuvas, da salinidade da água subterrânea e de outros tantos fatores hidrogeológicos (D'Almeida et al., 2005).

A salinização e/ou sodificação, é mais freqüente em regiões semi-áridas, em virtude das características climáticas (alta evaporação e temperatura e baixa umidade do ar) que exigem altas demandas de água (2 a 4 vezes a pluviometria anual) para irrigação, em função do ciclo vegetativo e exigência hídrica das espécies cultivadas (Macedo & Menino, 1998).

No município de Congo, PB, localizado na região semi-árida, onde a principal fonte de renda é a agricultura, devido à baixa incidência de chuvas e secas recorrentes, torna-se imprescindível a utilização da irrigação para garantir a produtividade possibilitando, inclusive, colheitas em períodos de escassez, mas, o uso de práticas de cultivo inadequadas, a exemplo de fórmulas e aplicação de fertilizantes minerais in-

corretas e dosagens excessivas de defensivos e de água de irrigação, observados na área experimental, tem contribuído para impactar o ambiente degradando os solos e poluindo, provavelmente, a água, contaminando os animais e o homem. Esta situação é agravada no período seco do ano quando as reservas de água diminuem, provocando a elevação da concentração dos sais na água de irrigação (Mendes, 2007).

Considerando que as propriedades químicas dos solos podem variar em função do tipo e da quantidade de fertilizantes aplicados aos mesmos e em função da qualidade da água usada na irrigação, a pesquisa teve por objetivo diagnosticar a fertilidade, salinidade e sodicidade dos solos das áreas irrigadas do município de Congo, PB, em duas épocas do ano: período chuvoso e período seco, visando avaliar as mudanças ocorridas entre esses períodos.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no município de Congo, PB, situado na microrregião do Cariri Ocidental, onde predomina o clima semi-árido, caracterizado pela precipitação anual abaixo de 500 mm, temperaturas elevadas e forte evaporação.

A partir de uma visita à zona rural do referido município, foram selecionadas dezoito propriedades agrícolas onde, normalmente, são cultivados tomate, cenoura e pimentão com o uso da irrigação, sendo esta feita por superfície, sem qualquer controle em relação à quantidade de água aplicada e ao turno de rega. Da mesma forma, a adubação dessas culturas é feita sem qualquer recomendação adequada; na área correspondente às referidas propriedades foram selecionados vinte e sete locais para amostragem (Figura 1), em solos com características e relevo homogêneas. Visando avaliar as mudanças ocorridas na fertilidade, salinidade e sodicidade dos solos, ao longo de um ano, em cada um desses locais foram coletadas oito amostras simples de solo, na profundidade de 0-20 cm, para a formação de uma amostra composta, em dois

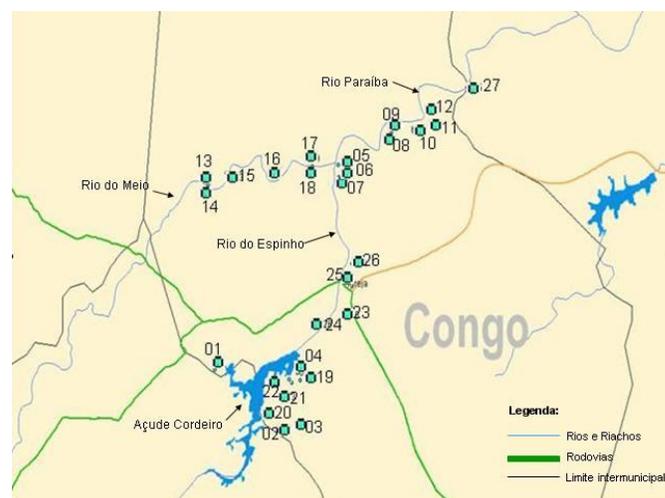


Figura 1. Localização dos pontos de amostragem de solo

Figure 1. Location of soil sampling points

períodos do ano: maio (período chuvoso) e dezembro (período seco) de 2006.

Dos solos amostrados, o Luvissole Háplico Órtico (TXo), mais representativo em toda a região geográfica, predominou nas áreas a montante do açude Cordeiro; o Neossolo Litólico Eutrófico (RLe), embora inapto para uso agrícola com irrigação, ocorreu em duas propriedades agrícolas e o Neossolo Flúvico Psamítico (RYq), correspondente ao solo aluvial, predominou nas áreas a jusante, ao longo dos rios Espinho e do Meio.

As amostras de solo foram levadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande, PB, onde foram secadas ao ar, peneiradas com malha de 2 mm de diâmetro e em seguida caracterizadas quimicamente (EMBRAPA, 1997) tendo-se determinado seus valores de pH em água (1:2,5) e os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), hidrogênio (H), alumínio (Al), fósforo (P) e matéria orgânica (MO). A partir desses teores, foram calculadas a capacidade de troca catiônica (CTC), a porcentagem de sódio trocável (PST = $\text{Na} \times 100 / \text{CTC}$) e a razão de adsorção de sódio ($\text{RAS} = \text{Na} / [(\text{Ca} + \text{Mg})/2]^{1/2}$). De acordo com a metodologia recomendada por EMBRAPA (1997) foram preparadas as pastas de saturação das amostras de solo e em seguida determinada a condutividade elétrica dos extratos de saturação (CE_{es}). Os resultados relacionados à fertilidade foram avaliados segundo padrões da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG), apresentados por Lopes & Guidolim (1989). As amostras de solo foram classificadas em relação à salinidade e à sodicidade, de acordo com Richards (1954) e Pizarro (1985), respectivamente. O comportamento das variáveis do solo foi avaliado por meio das seguintes medidas descritivas: média, desvio padrão, valores máximos e mínimos e coeficiente de variação (CV). De acordo com os valores de CV, a variabilidade das medidas descritivas das características das amostras de solo foi classificada, segundo Warrick & Nielsen (1980) em baixa ($\text{CV} < 12$), média ($12 < \text{CV} < 62$) e alta ($\text{CV} > 62$), uma vez que esta classificação pode ser usada tanto para propriedades físicas como para propriedades químicas e físico-hídricas dos solos (Chaves et al., 2005; Lima et al., 2006; Montenegro & Montenegro, 2006; Silva & Chaves, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os valores mínimo (7,16) e máximo (8,70), de pH, constata-se que as amostras de solo coletadas no período chuvoso apresentaram reação alcalina variando de fraca a elevada; já no período seco as amostras de solo mostraram reação variando de neutra (7,00) à alcalinidade elevada (8,85); no entanto, nos dois períodos de coleta predominaram amostras com alcalinidade elevada (Tabela 1). Se ver que a faixa de pH adequada para a maioria das culturas varia de 6,0 a 6,5 e que em toda a área de estudo os valores de pH estiveram acima dessa faixa, é necessário um acompanhamento constante dos mesmos pois, caso venham a aumentar, tornar-se-á imprescindível a correção do pH no sentido de diminuí-lo. O aumento do pH do solo pode prejudicar a prática

Tabela 1. Resultados da análise descritiva dos dados de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P), condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) e porcentagem de sódio trocável (PST) correspondentes às amostras de solos coletadas nos períodos chuvoso e seco.

Table 1. Results of descriptive analyses of calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), pH, organic matter (OM), phosphorus (P), electrical conductivity of the saturation extract (EC_{es}) and exchangeable sodium percentage (ESP) data corresponding to soil samples collected in the rainy and dry periods.

Medida	Ca	Mg	K	pH (H ₂ O)	M.O	P	CE _{es}	PST
	cmol _c kg ⁻¹			(1:2,5)	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	dS m ⁻¹	%
Período chuvoso								
Média	7,14	4,34	0,35	8,12	17,5	84,7	1,24	6,64
Máximo	13,62	7,45	0,75	8,70	32,3	126,1	4,10	17,45
Mínimo	3,78	2,05	0,14	7,16	5,0	16,2	0,10	1,35
D.P.	2,61	1,47	0,17	0,45	6,3	36,8	1,12	4,64
C.V. %	36,61	33,81	50,02	5,54	36,04	43,43	90,66	69,80
Período seco								
Média	8,24	5,77	0,45	7,87	13,5	165,1	2,40	8,62
Máximo	14,20	9,99	0,92	8,85	32,6	719,9	10,88	23,70
Mínimo	4,59	2,62	0,14	7,00	7,0	19,0	0,71	1,69
D.P.	2,89	1,87	0,21	0,41	6,3	180,2	2,01	5,87
C.V. %	35,13	32,36	46,74	5,24	46,53	109,15	83,87	63,91

agrícola nas áreas em razão do fato de diminuir a disponibilidade de fósforo e de micronutrientes para as plantas ou, ainda, por algumas culturas não serem tolerantes a valores de pH elevados (Malavolta, 1989).

Apesar da grande amplitude de variação dos valores de cálcio (Ca) nas áreas, por exemplo, de 3,78 cmol_c kg⁻¹ a 13,62 cmol_c kg⁻¹ no período chuvoso e de 4,59 cmol_c kg⁻¹ a 14,20 cmol_c kg⁻¹ no período seco, predominaram altos teores do elemento, ou seja, teores maiores que 4 cmol_c kg⁻¹. Considerando-se que níveis de 2 a 3 cmol_c kg⁻¹ de Ca são adequados para o desenvolvimento das culturas (Raij, 1981), pode-se afirmar que na área de estudo não existe deficiência desse elemento para a maioria das plantas cultivadas, fato que, além de estar relacionado com a própria natureza dos solos que apresentam, em geral, altos teores de Ca, provavelmente é influenciado pela aplicação contínua de produtos cálcicos no solo, sobretudo pelos agricultores que plantam tomate na área de estudo. Em geral, as amostras de solo coletadas no período seco apresentaram teores mais altos do elemento (Tabela 1).

Considerando que o teor de magnésio (Mg) suficiente para a maioria das culturas está em torno de 0,4 cmol_c kg⁻¹ e que o teor de 0,8 cmol_c kg⁻¹ é considerado alto (Raij, 1981), é possível afirmar que, na área em estudo, não há deficiência deste elemento uma vez que as amostras de solo apresentaram teores maiores que 1,0 cmol_c kg⁻¹ nos dois períodos deste estudo (Tabela 1).

Os teores de potássio (K) variaram de 0,14 cmol_c kg⁻¹ a 0,75 cmol_c kg⁻¹ e de 0,14 cmol_c kg⁻¹ a 0,92 cmol_c kg⁻¹, nos períodos chuvoso e seco, respectivamente; entretanto, nas duas épocas de amostragem predominaram altos teores do elemento (Tabela 1) discordando de Chaves et al. (2005a) que encontraram, predominantemente, teores médios do elemento no perímetro irrigado Engenheiro Arcoverde. Os altos teores encontrados nas amostras de solo, objeto deste trabalho, podem estar relacionados, em parte, com a própria natureza

dos solos e, em parte, com a aplicação de adubos potássicos nesses solos. De acordo com Santos & Muraoka (1997), o aumento da concentração de K no período seco também pode estar relacionado ao aumento do teor de sódio no solo decorrente, provavelmente, do aumento de concentração deste elemento na água de irrigação (Mendes, 2007). Referido aumento pode provocar maior troca entre sódio e potássio na biota e dissolução das unidades estruturais das argilas liberando, assim, o potássio.

Em geral, os teores de matéria orgânica (MO), variaram de baixo ($5,0 \text{ g kg}^{-1}$) a alto ($32,6 \text{ g kg}^{-1}$) predominando, apesar da grande amplitude dos dados, teores médios ($17,5 \text{ g kg}^{-1}$) e baixos ($13,5 \text{ g kg}^{-1}$) nas amostras de solo coletadas nos períodos chuvoso e seco, respectivamente (Tabela 1). A predominância de teores médios de MO também foram observados nos solos dos perímetros irrigados de São Gonçalo e Engenheiro Arcoverde (Chaves et al., 2005a). Considerando que a MO funciona como condicionador de solo, exercendo múltiplos efeitos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos (Vergara-Sánchez et al., 2005), fica evidente a necessidade da aplicação da mesma, principalmente nos locais onde ocorrem teores baixos. O aumento no teor de MO poderá melhorar a porosidade e a friabilidade dos solos mais argilosos e, conseqüentemente, a sua drenagem; além disso, poderá melhorar a fertilidade dos solos, disponibilizando elementos essenciais para as plantas, como nitrogênio, fósforo, magnésio, cálcio, enxofre e micronutrientes, à medida que se vai decompondo (Raij, 1991).

Em relação ao fósforo (P), de modo geral os teores nas amostras de solo variaram de médios, $16,2 \text{ mg dm}^{-3}$ e 19 mg dm^{-3} , a altos, $126,1 \text{ mg dm}^{-3}$ e $719,9 \text{ mg dm}^{-3}$, nos períodos chuvoso e seco, respectivamente, predominando altos teores do elemento (Tabela 1); essa mesma variação dos teores de P foi observada por Leão et al. (2007) em Neossolos Flúvicos.

Os teores elevados de P podem ser atribuídos às freqüentes aplicações de fertilizantes ao longo do ano na área estudada, sem que haja bom manejo do solo em relação a essas aplicações. O fato do P se mover no solo por difusão, o que lhe acarreta pouca mobilidade, também contribui para o seu acúmulo no solo. O aumento do teor de P disponível nos solos, no período seco, também pode ser explicado pelo aumento da sodicidade dos solos (Figura 3) no mesmo período (Santos & Muraoka, 1997). Segundo Sharpley et al. (1988), quando o sódio substitui o cálcio, magnésio e alumínio dos sítios de troca, o potencial negativo da superfície é aumentado, provocando a dessorção de P aumentando, conseqüentemente, o teor do elemento em solução. Altos teores de P também foram encontrados por Silva (2001), Araújo & Oliveira (2003) e Chaves et al. (2006).

As CE_{es} das amostras de solo coletadas no período chuvoso variaram de $0,10$ a $4,10 \text{ dS m}^{-1}$, com valor médio de $1,24 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 1). A amplitude de variação dos valores de CE_{es} das amostras de solo coletadas no período seco, foi maior que a observada no período chuvoso, tendo os mesmos variado de $0,71$ a $10,88 \text{ dS m}^{-1}$, com valor médio de $2,40 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 1), considerando-se todas as amostras de solo; no entanto, esta amplitude deve ser analisada com certas restri-

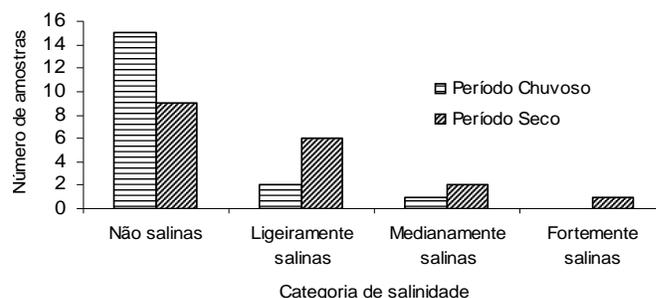


Figura 2. Distribuição da salinidade do solo nas áreas irrigadas do município de Congo-PB, nos períodos chuvoso e seco

Figure 2. Distribution of soil salinity in the irrigated areas of the municipality of Congo, in the rainy and dry periods

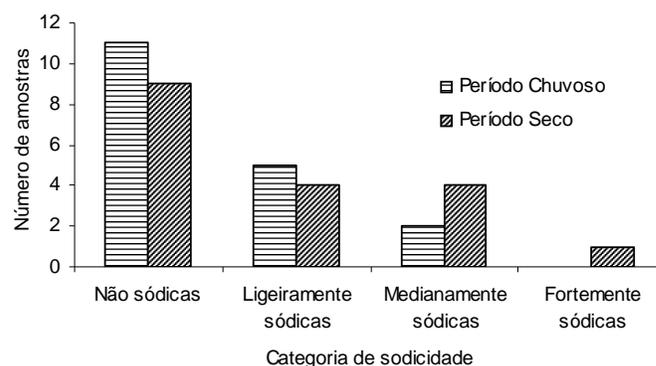


Figura 3. Distribuição da sodicidade do solo nas áreas irrigadas do município de Congo-PB, nos períodos chuvoso e seco

Figure 3. Distribution of soil sodicity in the irrigated areas of the municipality of Congo, in the rainy and dry periods

ções, uma vez que, por se considerar apenas os dois valores extremos de um conjunto de dados, pode não refletir o que ocorre na área de estudo; exemplo disso é o valor $10,88 \text{ dS m}^{-1}$, que ocorre apenas em uma amostra de solo no período seco apresentando, a maioria das amostras, uma condutividade elétrica do extrato de saturação em torno de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, o que as caracteriza como amostras de solo não salinas.

Dentre as amostras de solo coletadas no período chuvoso, duas foram classificadas, segundo Richards (1954), como ligeiramente salinas ($2 \text{ dS m}^{-1} < CE_{es} < 4 \text{ dS m}^{-1}$); uma delas foi classificada como medianamente salina ($4 \text{ dS m}^{-1} < CE_{es} < 8 \text{ dS m}^{-1}$) e as demais como não salinas ($CE_{es} < 2 \text{ dS m}^{-1}$) (Figura 2). Comparando o que é mostrado na Figura 2 entre os dois períodos de estudo, observa-se que a salinidade aumentou decorrente, provavelmente, da deposição de sais através das águas de irrigação e/ou da evaporação da água do solo no período de seca. Neste período há ocorrência de um número maior de amostras de solos nas categorias ligeiramente e medianamente salina, aparecendo até uma, classificada como fortemente salina ($8 \text{ dS m}^{-1} < CE_{es} < 16 \text{ dS m}^{-1}$) mas, apesar dos valores médios de CE_{es} refletirem predominância de amostras de solos classificadas como ligeiramente salinas, o que realmente predominou na área de estudo foram amostras de solo

consideradas normais, ou seja, não salinas (Figura 2). O aumento da salinidade no período seco é importante de ser ressaltado pelo fato de que, se não se fizer um manejo de irrigação adequado na área de estudo, a tendência será um aumento da salinização na mesma.

Nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade, visto que algumas produzem rendimentos economicamente aceitáveis em níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos, sendo que a tolerância das plantas à salinidade varia entre as diferentes espécies cultivadas. Considerando que o valor limite de CE_{es} do solo para evitar efeitos generalizados no desenvolvimento do tomateiro, uma das culturas mais exploradas no município de Congo, PB, é de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Lima, 1997), pode-se afirmar que na maioria das áreas cultivadas a produção dessa cultura não está sendo prejudicada, pois se acha dentro do limite de tolerância; no caso das culturas cenoura e pimentão, também muito cultivadas no referido município, cujos valores limites de CE_{es} correspondem a $1,0$ e $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente (Lima, 1997), a salinidade do solo da maior parte da área estudada, no período chuvoso, não representa perigo à sua produção, no entanto, no período de seca a produção passa a ficar comprometida em decorrência do aumento da salinidade dos solos.

No estudo de solos com problemas de sais é importante conhecer a porcentagem de sódio trocável (PST); observando-se, então, a amplitude total dos dados de PST (Tabela 1), correspondentes às amostras de solo coletadas no período chuvoso, constatou-se grande variação, uma vez que seus valores mínimo ($1,35 \%$) e máximo ($17,45 \%$) indicaram amostras de solo classificadas, segundo Pizarro (1985), como não sódicas ($PST < 7$) e medianamente sódicas ($11 < PST < 20$), respectivamente; porém a maior parte delas foi classificada como não sódica ($PST < 7$), o que pode ser constatado pelo valor médio ($6,64 \%$) e pela distribuição das amostras, de acordo com a categoria de sodicidade (Figura 3).

Os valores de PST das amostras coletadas no período seco aumentaram em relação àqueles das amostras coletadas na mesma área, no período chuvoso, fazendo com que os valores médios também aumentassem (Tabela 1), corroborando com Macedo & Menino (1998); este aumento também pode ser visualizado observando-se a Figura 3, ou seja, há um número maior de amostras de solo no período seco, classificadas como medianamente sódicas aparecendo, inclusive, uma classificada como fortemente sódica.

O aumento da sodicidade é preocupante, uma vez que o excesso de sódio trocável nos solos pode influenciar suas propriedades químicas e físico-hídricas; sob essas condições, a presença de elevado pH ($< 8,5$) pode originar toxidez ou restringir a disponibilidade de nutrientes para as plantas provocando-lhes deficiências nutricionais. A condutividade hidráulica pode ser reduzida devido à dispersão das argilas que, por sua vez, provoca redução na taxa de infiltração, redistribuição e evaporação da água do solo; isto, indiretamente, é o que causa a indisponibilidade dos nutrientes podendo, também, resultar em uma temporária inundação da superfície do solo, que prejudica a germinação das sementes, em virtude da falta de oxigênio; portanto, os solos que apresentam sodi-

cidade deverão ser manejados adequadamente no sentido de serem corrigidas as propriedades físicas, para solos sódicos, e a lixiviação do excesso de sais, para os solos salinos, uma vez que a aplicação de fertilizantes nesses solos só proporcionará aumento na produção das culturas caso essas medidas sejam efetuadas (Santos & Muraoka, 1997; Chaves et al., 1998).

Mendes (2007) avaliando a variação temporal da qualidade das águas utilizadas na irrigação das áreas de estudo do presente trabalho, verificou aumento nos valores de CE e nos teores de cátions e ânions nas águas coletadas no período seco. Neste período, $56,2 \%$ das amostras de água analisadas apresentavam risco de salinização, variando de alto a muito alto e $6,2 \%$ das mesmas apontaram risco de sodificação médio. Com base nesses dados e se sabendo que a área de estudo foi irrigada com essas águas, pode-se supor que as variações temporais observadas nos parâmetros químicos dos solos devem ter sido influenciadas pela qualidade das águas, dentre outras razões comentadas anteriormente.

Os valores de coeficiente de variação (CV %) segundo Warrick & Nielsen (1980), em ambos os períodos, foram classificados médios para o Ca, Mg, K e MO, e baixo para o pH, concordando, com exceção da MO, com Silva (2001) e Chaves et al. (2004). No caso específico do P, as amostras de solo apresentaram valores de CV classificados como médio e alto, nos períodos chuvoso e seco, respectivamente. Em se tratando da CE_{es} e PST, em todos os períodos os valores de CV foram classificados como altos, corroborando com Souza et al. (2000) e Chaves et al. (2005b).

Em relação aos tipos de solo (Tabela 2), as amostras de RYq apresentaram alcalinidade elevada, corroborando com Chaves et al. (2005b), que trabalharam com Neossolo Flúvico dos perímetros Irrigados de São Gonçalo e Engenheiro Arcoverde, localizados no Estado da Paraíba; referidas amostras foram as que apresentaram, em média, maiores valores de pH e aquelas correspondentes ao TXo foram as que mostraram maiores teores de Ca, Mg e K, sendo isto válido para o K somente no período chuvoso; no entanto, nas amostras deste solo, não houve muita variação do teor médio dos elementos em relação ao período de amostragem; esta variação foi mais pronunciada nas amostras de RLe e RYq, provavelmente por terem sido mais cultivados no período entre uma coleta e outra das amostras tendo sido, desta forma, mais adubados e irrigados.

Em média, os menores e maiores teores de MO foram encontrados no RYq e RLe, respectivamente; no período seco, constatou-se nos três solos, diminuição dos teores médios de MO sendo a maior amplitude desses teores observada no RYq; isto ocorreu, provavelmente, em decorrência do fato da coleta das amostras deste solo ter sido realizada logo após a adubação do mesmo com MO. No período chuvoso os teores de P no TXo e RLe variaram de baixo a alto e no RYq ocorreram somente altos teores; já no período seco ocorreu, em geral, um aumento nos teores do elemento nos três solos, decorrente da aplicação de adubos químicos e MO nos solos, na maioria das propriedades, uma vez que os agricultores cultivam a terra praticamente o ano todo, com uso da irrigação. A aplicação de fertilizantes e/ou o efeito residual da

Tabela 2. Resultados da análise descritiva dos dados de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P), condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}) e porcentagem de sódio trocável (PST) correspondentes às amostras dos três solos coletadas nos períodos chuvoso e seco

Table 2. Results of descriptive analyses of calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), pH, organic matter (OM), phosphorus (P), electrical conductivity of the saturation extract (EC_{se}) and exchangeable sodium percentage (ESP) data corresponding to three soil samples collected in the rainy and dry periods

Medida	Ca	Mg	K	pH (H ₂ O)	M.O	P	CE _{es}	PST
	cmol. kg ⁻¹			(1:2,5)	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	dS m ⁻¹	%
Período chuvoso								
Luvissole Háplico Órtico (TXo)								
Média	9,92	6,51	0,33	7,79	16,40	79,2	2,17	9,37
Máximo	15,00	11,01	0,75	8,67	32,30	126,1	4,10	17,45
Mínimo	5,00	4,10	0,09	6,81	7,70	7,1	1,10	1,89
D.P.	3,23	1,99	0,21	0,53	7,40	43,1	1,39	6,68
C.V. %	32,57	30,55	65,38	6,75	45,12	54,42	64,24	71,32
Neossolo Litólico Eutrófico (RLe)								
Média	8,23	5,12	0,28	7,86	19,40	60,3	0,84	4,58
Máximo	11,86	7,28	0,49	8,61	24,1	126,1	1,19	8,93
Mínimo	4,41	2,05	0,13	7,32	16,30	4,9	0,53	2,91
D.P.	2,86	2,19	0,15	0,53	3,20	54,0	0,27	2,91
C.V. %	34,68	42,67	53,07	6,71	16,30	89,65	32,50	63,40
Neossolo Flúvico Psamíticos (RYq)								
Média	5,72	3,50	0,31	8,33	14,70	90,1	0,86	5,63
Máximo	8,86	5,54	0,59	8,72	24,60	126,1	2,76	8,50
Mínimo	3,78	1,97	0,14	7,76	5,00	52,7	0,10	1,35
D.P.	1,36	0,89	0,13	0,28	6,00	26,7	0,84	2,60
C.V. %	23,85	25,45	40,42	3,34	40,56	29,59	97,84	46,21
Período seco								
Luvissole Háplico Órtico (TXo)								
Média	9,92	6,68	0,44	7,88	13,40	144,4	2,26	7,11
Máximo	14,20	8,67	0,92	8,85	24,90	457,1	10,88	17,28
Mínimo	5,76	4,03	0,14	7,22	7,80	19,0	0,78	1,69
D.P.	2,88	1,59	0,25	0,43	5,90	146,2	2,94	5,18
C.V. %	29,07	23,72	58,06	5,43	44,00	101,26	130,14	72,88
Neossolo Litólico Eutrófico (RLe)								
Média	8,97	6,63	0,38	7,75	14,60	112,3	2,67	8,38
Máximo	13,06	9,99	0,60	8,37	16,0	280,2	4,49	14,13
Mínimo	4,71	3,98	0,20	7,36	13,70	20,8	0,76	3,84
D.P.	3,46	2,88	0,17	0,53	0,80	103,0	1,64	4,32
C.V. %	38,53	43,51	45,01	6,79	5,80	91,74	61,59	51,61
Neossolo Flúvico Psamíticos (RYq)								
Média	6,65	4,76	0,49	7,89	13,10	199,4	2,10	10,06
Máximo	9,35	6,09	0,92	8,39	32,60	719,9	4,49	23,70
Mínimo	4,59	2,62	0,27	7,00	7,00	68,2	0,71	2,21
D.P.	1,81	1,15	0,19	0,38	7,70	222,5	1,29	6,60
C.V. %	27,19	24,11	39,11	4,87	58,45	111,58	53,60	65,59

adubação, também podem ter sido a causa de maior variabilidade de dados nesta época do ano.

No período chuvoso o solo TXo foi o que apresentou valores mais altos de CE_{es}; suas características físicas, como, por exemplo, maior teor de argila que os demais solos, devem ter contribuído para tal fato. Macedo & Menino (1998) avaliando a CE_{es} de amostras de Luvissole Háplico e Neossolo Flúvico de ocorrência no Estado da Paraíba, também encontraram maiores valores para o Luvissole Háplico; já no período seco, o fato da salinidade ter aumentado refletiu no aumento dos valores de CE_{es}, cujos valores médios podem ser observados na Tabela 2. A maior variabilidade dos dados do solo TXo, refletida pelo desvio padrão, foi decorrente do valor 10,88 dS m⁻¹ observado em apenas uma amostra de solo, como comentado antes.

Em relação à PST, os valores mais altos no período chuvoso e seco, foram observados no TXo e no RYq, respectivamente,

tendo ocorrido maior variação desses valores entre as épocas de amostragem, no RLe e RYq (Tabela 2).

CONCLUSÕES

Os solos, quanto à fertilidade, apresentaram teores adequados de Ca, Mg, K e P, não diferindo entre os períodos do ano nem as áreas de coleta; porém, será necessária a aplicação de MO no solo pois em ambos os períodos predominaram teores médios.

Os solos nos diferentes períodos do ano, quanto à presença de sais e de sódio, foram classificados, predominantemente, como normais e não sódicos, respectivamente.

Os valores dos parâmetros analisados variaram entre as épocas de amostragem.

LITERATURA CITADA

- Araújo, P.M.D.B.; Oliveira, M. Variabilidade espacial de cálcio, magnésio, fósforo e potássio em solos das regiões oeste e do baixo Açu, Estado do Rio Grande do Norte. Caatinga, v.16, n.1, p.69-78, 2003.
- Chaves, L.H.G.; Chaves, I.B.; Vasconcelos, A.C.F.; Leão, A.B. Avaliação de potássio, matéria orgânica e fósforo em Neossolos dos perímetros irrigados Engenheiro Arcoverde e São Gonçalo, PB. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 5, n. 2, 7p. 2005a.
- Chaves, L.H.G.; Chaves, I.B.; Silva, P.C.M.; Vasconcelos, A.C.F. Variabilidade de propriedades químicas de um Neossolo Flúvico da Ilha de Picos (Pernambuco). Revista Ciência Agronômica, v. 37, n.2, p.135-141, 2006.
- Chaves, L.H.G.; Chaves, I.B.; Vasconcelos, A.C.F.; Leão, A.B. Avaliação da salinidade dos neossolos dos perímetros irrigados de São Gonçalo e Engenheiro Arcoverde, PB. Agropecuária Técnica, v.26, n.1, p.15-21, 2005b.
- Chaves, L.H.G.; Menino, I.B.; Araújo, I.A.; Chaves, I.B. Avaliação da fertilidade dos solos das várzeas do município de Sousa. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.3, p.262-267, 1998.
- Chaves, L.H.G.; Tito, G.A.; Chaves, I.B.; Luna, J.G.; Silva, P.C.M. Propriedades químicas do solo aluvial da ilha de Assunção – Cabrobó (Pernambuco). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, n.3, p.431-437, 2004.
- D'Almeida, D.B.A.; Andrade, E.M.; Meireles, A.C.M.; Ness, R.L.L. Importância relativa dos íons na salinidade de um Cambissolo na chapada do Apodi, Ceará. Engenharia Agrícola, v.25, n.3, p.615-621, 2005.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de análise de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997, 212p. Documentos, 1
- FAO/UNESCO – Irrigation, drainage and salinity. An international sourcebook. Paris: Hutchinson/FAO/UNESCO, 1973. 510p.
- Leão, A.B.; Andrade, A.R.S.; Chaves, L.H.G.; Chaves, I.B.; Guerra, H.O.C. Variabilidade espacial de fósforo em solo do perímetro irrigado Engenheiro Arcoverde, PB. Revista Ciência Agronômica, v.38, n.1, p.1-6, 2007.

- Lima, J.A.G.; Mendes, A.M.S.; Duda, G.P.; Ferreira, C.V. Variabilidade espacial de características físico-hídricas de um cambissolo cultivado com mamão no semi-árido do RN. *Caatinga*, v.19, n.2, p.192-199, 2006.
- Lima, L.A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: Gheyi, H.R.; Queiroz, J.E.; Medeiros, J.F. (org.). *Manejo e Controle da Salinidade na agricultura irrigada*. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. Cap.4, p. 113-136.
- Lopes, A.S.; Guidolin, J. A. Interpretação de análise de solo: Conceitos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Comitê de Pesquisa/ Técnico/ ANDA, 1989. 64p
- Macedo, L.S.; Menino, I.B. Monitoramento de sais na água e nos solos irrigados do projeto Vereda Grande, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, n.1, p. 262-267, 1998.
- Malavolta, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 251p.
- Mendes, J.S. Caracterização de águas e de solos do município de Congo-PB, microrregião do Cariri Ocidental. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2007. 120p. Dissertação de Mestrado.
- Montenegro, A.A.A.; Montenegro, S.M.G.L. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.1, p.30-37, 2006.
- Pizarro, F. *Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos*. Madrid: Editorial Agrícola, Española, 1985. 521p
- Raij, B.V. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.
- Raij, B.V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Editora Ceres, 1991. 343p
- Richards, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. Washington. United States Salinity Laboratory Staff, 1954. 160p. (Agriculture Handbook, 60).
- Rhoades, J.D. Drainage for salinity control. In: Van Schilfgarde, J. (ed.). *Drainage for Agriculture*. Madison: American Society of Agronomy, 1974. 700p. (Agronomy, 17).
- Santos, R.V.; Muraoka, T. Interações salinidade e fertilidade do solo. In: Gheyi, H.R.; Queiroz, J.E.; Medeiros, J.F. (org.). *Simpósio Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada*. Campina Grande:UFPB/SBEA, 1997. p. 289-317.
- Sharpley, A.N.; Curtin, D.; Syers, J.K. Changes in water-extractability of soil inorganic phosphate induced by sodium saturated benchmark soils. *Soil Science Society Australian Journal*, v.52, p.637-640, 1988.
- Silva Filho, S.B.; Cavalcante, L.F.; Oliveira, F.A.; Lima, E.M.; Costa, J.R.M. Monitoramento da qualidade da água e acúmulo de sais no solo pela irrigação. *Irriga*, v.5,n.2, p.112-25, 2000.
- Silva, P. C.M. Avaliação e variabilidade espacial de propriedades químicas do solo da “Extensão Maria Tereza” – Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Petrolina-PE. Campina Grande:Universidade Federal da Paraíba, 2001. 104p. Dissertação de Mestrado.
- Silva, P.C.M.; Chaves, L.H.G. Avaliação da variabilidade espacial de atributos químicos de um solo do perímetro irrigado de Petrolina, PE. *Agropecuária Técnica*, v.27, n.1, p.5-12, 2006.
- Silveira, P.M.; Cunha, A.A. Variabilidade de micronutrientes, matéria orgânica e argila de um Latossolo submetido a sistemas de preparo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.9, p.1325-1332, 2002.
- Souza, L.C.; Queiroz, J.E.; Gheyi, H.R. Variabilidade espacial da salinidade de um solo aluvial no semi-árido paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.1, p.35-40, 2000.
- Vergara-Sánchez, M.A.; Etchevers-Barra, J.D.; Padilla-Cuevas, J. La fertilidad de los suelos de ladera de la sierra norte de Oaxaca, México. *Agrociencia*, v.39, n.3, p.259-266, 2005.
- Vitti, G.C. Acidez do solo, colagem e gessagem. In: Fernandes, F. M.; Nascimento, V.M. *Curso de atualização em fertilidade do solo*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. cap.10, p. 303-319.
- Warrick, A.W.; Nielsen, D.R. Spatial variability of soil physical properties the soil. In: HILL, D. (Ed.) *Applications of soil Physics*. New York: Academic Press, 1980. cap.13, p. 319-344.