

INTERFERÊNCIAS ANTRÓPICAS NA RECARGA DE AQUÍFEROS NO VALE DO CARIRI – CEARÁ

Sanne Anderson de Moura Araújo¹; Luiz Alberto Ribeiro Mendonça¹; José de Araújo Pereira²;
Horst Frischkorn³

Resumo

Os parâmetros umidade, densidade aparente, porosidade total e condutividade hidráulica dos solos do vale do Cariri apresentaram boa correlação linear com o teor de matéria orgânica. Observou-se que quanto maior o conteúdo de matéria orgânica dos solos, menor a densidade aparente e a condutividade hidráulica e maior a porosidade. A correlação negativa entre condutividade hidráulica e matéria orgânica sugere uma maior proteção da matéria orgânica nos solos de textura argilosa. A grande maioria das amostras coletadas no vale do Cariri apresentou conteúdo de matéria orgânica e umidade inferior à pior situação dos solos antropizados da chapada do Araripe. A variação no armazenamento de água entre os períodos seco e chuvoso nos solos do vale é bem superior que a dos solos mais antropizados da chapada, indicando uma maior perda por evapotranspiração. A massa específica aparente e a porosidade estão próximas às de áreas desmatadas da chapada. A condutividade hidráulica de algumas amostras de solos do vale apresentou valores semelhantes à de áreas preservadas da chapada, mas o baixo teor de matéria orgânica impede a manutenção da umidade no solo, influenciando negativamente na percolação vertical para as camadas de solos subjacentes e, conseqüentemente, na recarga.

Abstract

Parameters soil moisture, apparent density, total porosity, and hydraulic conductivity for soils of the Cariri Valley are linearly well correlated with organic matter. The higher the concentration of organic matter is, the lower are apparent density and hydraulic conductivity and the higher is porosity. A negative correlation between conductivity and organic matter suggests a higher protection of organic matter in soils of clayey texture. The majority of soil samples from the Cariri Valley present organic matter and moisture inferior to the worst category of anthropized soils of the Araripe Plateau. The variation of water storage from wet to dry season is much higher in valley

¹ Curso de Engenharia Civil da UFC – Campus do Cariri; Av. Castelo Branco, 150, Juazeiro do Norte – CE, CEP 63.030-200; Fone: (88) 3571-1755; e-mail: larm@ufc.br.

² Curso de Tecnologia da Produção Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica – Unidade de Juazeiro do Norte; Av. Plácido Aderaldo Castelo, 1640, Juazeiro do Norte – CE, CEP 63.040-540; Fone: (88) 2101-5300; e-mail: araujo@cefet-ce.br.

³ Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC; Caixa Postal 6018, Campus do Pici, Fortaleza – CE, CEP 60.451-970; Fone: (85) 3366-9775; e-mail: cariri@ufc.br.

soils than in anthropized ones on the plateau, indicating higher losses through evapotranspiration in the first. Apparent density and porosity are similar to values for deforested areas on the plateau. Hydraulic conductivity in some valley samples is close to that of preserved plateau areas; however, low organic matter inhibits soil moisture conservation, thus reducing soil percolation and, consequently, aquifer recharge.

Palavras-chave: recarga de aquífero, vale do Cariri, matéria orgânica.

1 - INTRODUÇÃO

A região do Cariri, localizada no extremo sul do Estado do Ceará, é formada, geomorfologicamente, pelo vale do Cariri e pela chapada do Araripe, com desnível de aproximadamente 400 m entre ambos.

No vale do Cariri está localizado o conglomerado urbano formado pelas cidades de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha, com uma população de aproximadamente 400 mil habitantes [1].

No vale do Cariri, onde afloram os principais aquíferos do Estado do Ceará, o abastecimento público e privado é predominantemente por águas subterrâneas.

Atualmente, há preocupação da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará quanto à redução das reservas hídricas subterrâneas disponíveis, tanto pela superexploração como pela poluição por lançamento de efluentes não tratados. Associado a esta problemática, encontra-se também a redução da recarga dos aquíferos devido à impermeabilização dos interflúvios pela expansão urbana sem controle e as alterações na estrutura dos solos por ações antrópicas na vegetação.

Em trabalhos anteriores [2, 3 e 4] observou-se que a matéria orgânica dos solos de diferentes formações florestais tem papel importante na manutenção de parâmetros relevantes para a recarga do aquífero tais como: umidade, porosidade, condutividade hidráulica e capacidade de infiltração.

Segundo Cheng e colaboradores [5] e Best e colaboradores [6], áreas de florestas preservadas apresentam significativa porosidade, especialmente macroporosidade, com caminhos preferenciais que facilitam a infiltração e a recarga dos aquíferos. Já em áreas antropizadas, através do manejo da vegetação, ocorrem modificações na estrutura dos solos, causando-lhes maior ou menor compactação, modificando a densidade, afetando a porosidade, o armazenamento e a disponibilidade de água às plantas e interferindo na capacidade de infiltração [7, 8, 9 e 10].

Neste contexto, a baixa capacidade de infiltração, associada às perdas de umidade do solo de áreas desmatadas, é capaz de reduzir sensivelmente a recarga de aquíferos [11].

O estudo dos solos de diferentes formações florestais na chapada do Araripe, realizado por Mendonça e colaboradores [2], resultou no ordenamento dos solos de 21 localidades em quatro grupos de matéria orgânica quantitativamente semelhante. O Grupo 1, representativo de áreas de vegetação preservada, e os demais de áreas antropizadas. Neste trabalho, eles observaram que a umidade e a capacidade de infiltração apresentaram boa correlação linear com a matéria orgânica e que a umidade média do Grupo 1, no período seco, foi superior à dos demais grupos, mesmo no período chuvoso. Além do mais, verificaram que as áreas antropizadas apresentaram baixo conteúdo de matéria orgânica e umidade e baixa capacidade de infiltração, indicando modificação na estrutura do solo capaz de reduzir a recarga.

No presente trabalho, numa área que engloba parte dos municípios de Juazeiro do Norte e Crato, no vale do Cariri, foi realizado um estudo sobre a influência do teor de matéria orgânica dos solos na recarga dos aquíferos.

Os parâmetros teor de matéria orgânica e de umidade, densidade aparente seca, porosidade, condutividade hidráulica e variação do armazenamento de água entre os períodos seco e chuvoso, de amostras de solos coletados no vale, foram avaliados, com a finalidade de entender as interferências antrópicas na recarga do vale, e comparados com os resultados obtidos na chapada por Mendonça e colaboradores [2] e Mendonça [3].

2 - METODOLOGIA

2.1 - Localização da área

Os municípios de Juazeiro do Norte e Crato estão localizados na região do Cariri, extremo sul do Estado do Ceará (Figura 1).

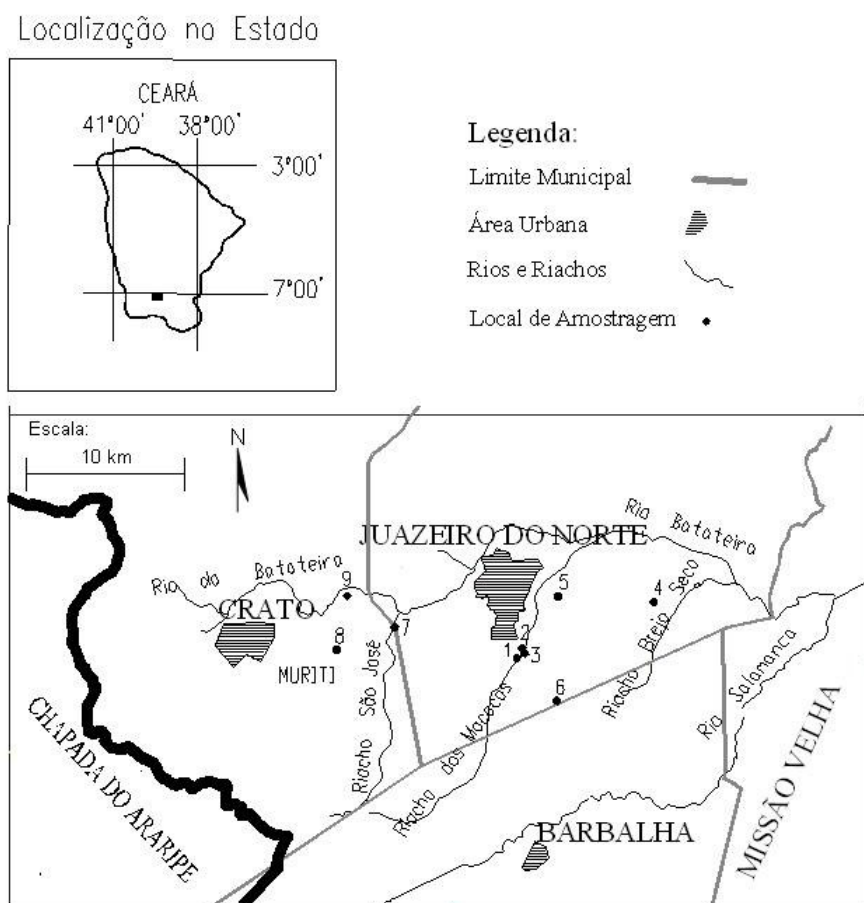


Figura 1. Mapa de localização da área.

Segundo o IPECE [1], o clima no vale do Cariri é do tipo tropical quente sub-úmido, com precipitação média anual de aproximadamente 1.090 mm.

As chuvas se distribuem principalmente entre uma pré-estação, de dezembro a janeiro, com 23% da precipitação anual, e uma estação chuvosa, de fevereiro a maio, com 62% [12].

Nessa área encontram-se, principalmente, os solos de aluvião areno-argilosos e os podzólicos vermelho-amarelo de textura arenosa, derivados dos arenitos da formação Rio da Batateira [1].

Na formação Rio da Batateira encontra-se um dos principais aquíferos da região, responsável pelo abastecimento público e privado.

Os rios e riachos existentes na área são intermitentes, mas em alguns lugares são ainda perenizados pelas águas subterrâneas ou por águas superficiais armazenadas em açudes.

2.2 - Coleta de solos

As coletas das amostras de solo, em nove localidades (Figura 1), para determinação dos teores de matéria orgânica e umidade, nos períodos chuvoso e seco, foram feitas, por meio de trado, a cada 20 cm, até 60 cm de profundidade. Até esta profundidade foram identificadas, por Mendonça e

colaboradores [2], variações significativas no armazenamento de água de solos da chapada do Araripe, do período chuvoso para o seco, comparando áreas de vegetações extremamente antropizadas, com áreas de vegetações preservadas. Além desta profundidade as variações no armazenamento não foram significativas.

As coletas de amostras de solos para determinação da densidade aparente, porosidade e condutividade hidráulica foram feitas por meio de amostrador para retirada indeformada de solos em perfil, até 20 cm de profundidade.

Cada ponto de coleta foi georreferenciado com GPS.

As amostras do período seco foram coletadas nos dias 13 e 27 de outubro e 03 de novembro de 2007 e as do período chuvoso, nos dias 13 e 29 de fevereiro e 08 de março de 2008.

As chuvas mensais registradas no pluviômetro do posto pluviométrico de Juazeiro do Norte foram de 250, 323 e 528 mm para os meses de janeiro a março de 2008.

As coletas dos dias 13 e 29 de fevereiro e 08 de março ocorreram, respectivamente, um dia após precipitações de 158, 54 e 52 mm e após 45, 52 e 60% da precipitação total do primeiro trimestre do período chuvoso de 2008.

No período seco não ocorreram precipitações, e as coletas dos dias 13 e 27 de outubro e 03 de novembro foram feitas, respectivamente, 137, 151 e 158 dias após a última chuva da estação chuvosa, registrada no dia 28 de maio de 2007.

2.3 - Determinação da umidade e do conteúdo de matéria orgânica

A umidade foi determinada por método gravimétrico, como a razão entre o peso da água contida na amostra e o peso da parte sólida, após completa secagem em estufa a 105 °C por 24 h.

Com base nas umidades dos períodos chuvoso e seco foram determinadas as variações do armazenamento de água nos solos.

O conteúdo de matéria orgânica foi determinado por método gravimétrico, como a razão entre o peso da fração calcinada da amostra em mufla a 500 °C por 5 h e o peso do solo seco em estufa a 105 °C [13].

As amostras foram pesadas em balança digital com sensibilidade de 0,1 mg.

2.4 - Determinação da variação no armazenamento de água no solo do período chuvoso para o seco

A variação no armazenamento de água nos solos do período chuvoso para o seco foi obtida comparando o conteúdo de água presente no perfil do solo entre os dois períodos, a partir da equação

$$\Delta S = \int_0^L h_f dz - \int_0^L h_i dz, \quad (1)$$

onde h é a umidade de uma dada camada do solo nos períodos chuvoso inicial e seco final e z a profundidade do perfil desde a superfície do solo até a profundidade L de 60 cm [14].

Como o balanço hídrico de um determinado solo é representado pela contabilização das entradas e das saídas, num dado volume de controle, durante certo período de tempo, as águas armazenadas no solo determinadas em pleno período chuvoso, um dia após precipitações, representam o extremo máximo da água retida no solo após percolação. As do período seco, determinadas após 137, 151 e 158 dias sem chuva, representam o extremo mínimo determinado. Assim, a diferença entre os extremos representa a amplitude máxima das perdas por evapotranspiração numa série de perdas.

2.5 - Determinação da condutividade hidráulica

A condutividade hidráulica dos solos foi determinada em laboratório, com um permeâmetro de carga variável, conforme metodologia descrita por Espinoza [15].

2.6 - Determinação da densidade aparente seca e da porosidade

A densidade aparente seca dos solos foi obtida através da razão entre a massa seca e o volume total da amostra indeformada.

A porosidade dos solos foi obtida através da equação

$$n = 1 - \frac{\rho_s}{\rho_g}, \quad (2)$$

onde ρ_s é a densidade aparente seca do solo e ρ_g a densidade específica das partículas, que foi determinada pelo método clássico do picnômetro.

Estes parâmetros foram determinados conforme metodologia descrita por Espinoza [15].

3 - RESULTADOS

A localização, os valores médios de matéria orgânica e umidade e a variação no armazenamento de água no perfil de 60 cm dos solos amostrados estão na Tabela 1.

Tabela 1. Localização, teores médios de matéria orgânica (\overline{mo}) e umidade nos períodos seco ($\overline{h_s}$) e chuvoso ($\overline{h_c}$) e variação no armazenamento de água (ΔS), no perfil de 60 cm de solo.

Amostra	Localização (UTM)	\overline{mo} (%)	$\overline{h_s}$ (%)	$\overline{h_c}$ (%)	ΔS (mm)
1	465661; 9200043	1,6	0,6	9,0	50
2	465885; 9200446	2,3	0,5	8,0	45
3	465974; 9200225	1,3	0,4	7,7	45
4	471288; 9202339	1,8	0,8	6,2	33
5	467343; 9202561	1,2	0,7	11,0	61
6	467382; 9198056	3,1	0,9	9,4	51
7	460686; 9201247	7,1	2,3	16,0	82
8	458247; 9200366	2,9	0,9	14,0	79
9	458679; 9202582	3,1	1,1	10,6	58

A matéria orgânica, a umidade nos períodos seco e chuvoso, a densidade aparente seca, a porosidade e a condutividade hidráulica, no perfil de 20 cm de solo, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Matéria orgânica (mo), umidade nos períodos seco (h_s) e chuvoso (h_c), densidade aparente (γ_s), porosidade (n) e condutividade hidráulica (k), no perfil de 20 cm de solo.

Amostra	mo (%)	h_s (%)	h_c (%)	γ_s (g/cm ³)	n (%)	$k \times 10^{-2}$ (cm/s)
1	1,1	0,2	11,1	1,66	31,2	2,8
2	2,6	0,2	10,3	1,55	35,6	1,3
3	2,0	0,2	10,1	1,58	34,1	1,8
4	1,8	0,2	7,1	1,64	34,7	2,1
5	0,9	0,1	10,0	1,70	30,8	1,2
6	3,0	0,5	9,1	1,55	38,3	0,9
7	8,0	2,5	18,1	1,47	42,7	0,1
8	1,8	0,1	12,2	1,62	35,4	1,2
9	4,5	0,7	12,1	1,59	36,5	0,7

De acordo com a Tabela 1, os maiores valores médios de matéria orgânica, umidade nos períodos seco e chuvoso e variação no armazenamento de água, no perfil de 60 cm, estão na

amostra 7, coletada em solos de aluvião areno-argiloso. A amostra 9 foi coletada numa área de transição entre solos de aluvião e solos podzólicos vermelho-amarelo de textura arenosa. As demais amostras foram coletadas nos solos de textura arenosa.

A Tabela 2 mostra que o maior teor de matéria orgânica da amostra 7 leva a mesma a uma menor densidade aparente e uma maior porosidade total. A menor condutividade hidráulica desta amostra sugere uma maior proteção da matéria orgânica do solo devido o maior teor mineral de argila em relação às demais amostras.

4 - DISCUSSÃO

Segundo Seemanapalli [16], a recarga de aquíferos depende da capacidade de infiltração, que é função das características físicas dos primeiros 20 cm do solo. Portanto, é de fundamental importância o monitoramento desta camada superficial.

A Figura 2 mostra que o modelo de correlação linear entre a matéria orgânica e a umidade, nos períodos seco e chuvoso, nos primeiros 20 cm de profundidade, foi explicado respectivamente com 95,28% e 80,61% de ajuste a este modelo.

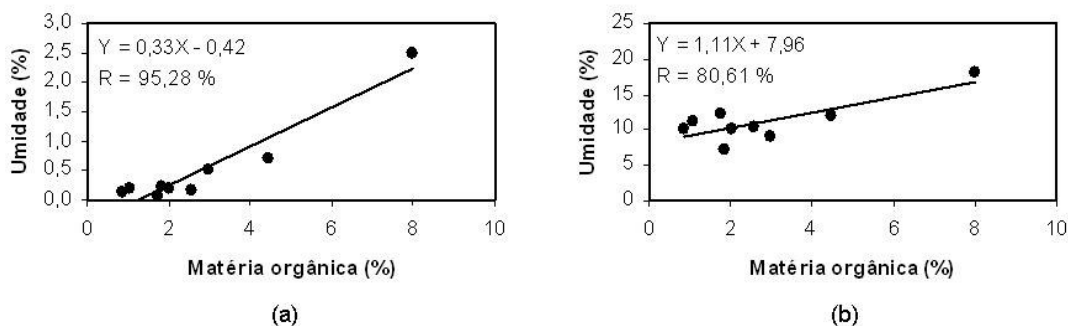


Figura 2. Regressão linear entre a umidade e a matéria orgânica nos períodos seco (a) e chuvoso (b), dos primeiros 20 cm de profundidade.

Verifica-se na Figura 2 que, em geral, um maior conteúdo de matéria orgânica resulta em uma maior umidade no solo.

A Figura 3 mostra, para os primeiros 20 cm de profundidade, a regressão linear da matéria orgânica com a densidade aparente seca, a porosidade e a condutividade hidráulica.

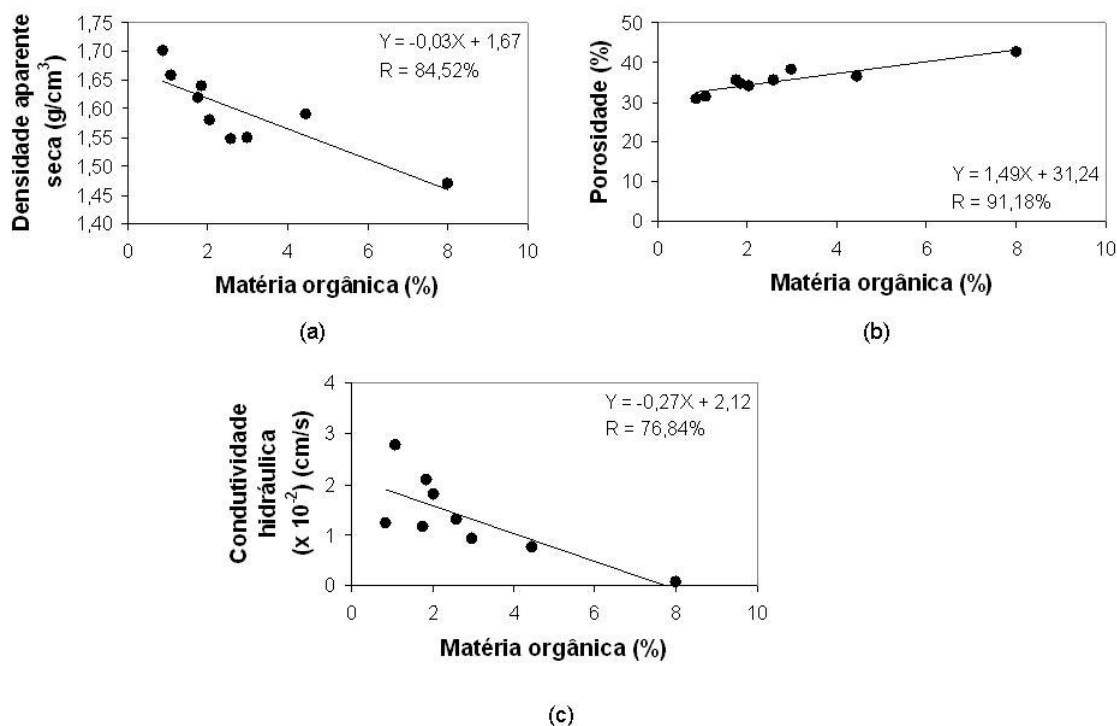


Figura 3. Para os primeiros 20 cm de profundidade, regressão linear entre a matéria orgânica e a densidade aparente seca (a), a porosidade (b) e a condutividade hidráulica (c).

De acordo com a Figura 3, os modelos de correlação linear da matéria orgânica com a densidade aparente seca, a porosidade e a condutividade hidráulica, nos primeiros 20 cm de profundidade, foram explicados, respectivamente, com 84,52%, 91,18% e 76,84% dos dados ajustados.

Observa-se que quanto maior o conteúdo de matéria orgânica dos solos, menor a densidade aparente (Figura 3a), maior a porosidade (Figura 3b) e menor a condutividade hidráulica (Figura 3c). Os resultados obtidos para a densidade aparente e a porosidade concordam com os achados de Mendonça [3] no topo da chapada do Araripe, mas a condutividade hidráulica apresentou comportamento inverso. Na chapada, o aumento no teor de matéria orgânica contribui com uma maior condutividade hidráulica [3] e também com uma maior capacidade de infiltração [2].

No vale do Cariri, os solos podzólicos vermelho-amarelo de textura arenosa apresentam mais baixo teor de matéria orgânica que os solos de aluvião areno-argilosos. Desta forma, como a vegetação e os solos no vale do Cariri apresentam-se bastante antropizados pela expansão urbana e agrícola, apenas os solos de perfil mais argiloso de menor condutividade hidráulica conseguem manter maior teor de matéria orgânica.

Os solos podzólicos vermelho-amarelo de textura arenosa, coletados no vale do Cariri apresentaram conteúdos de matéria orgânica inferiores à pior categoria dos latossolos vermelho-

amarelo de textura argilosa e antropizados da chapada do Araripe, identificada como Grupo 4 na Figura 4.

O Grupo 4, na chapada do Araripe, foi caracterizado por Mendonça e colaboradores [2] como de áreas de manejo de eucalipto e de vegetação nativa com clareiras, de cultivos abandonados e de cerrado desmatado com solo exposto e indícios de processos erosivos.

A amostra 7, de solos de aluvião areno-argiloso, apresentou teor de matéria orgânica semelhante aos do Grupo 2 da chapada, representativo de área de manejo de vegetação nativa, áreas desmatadas abandonadas e em recuperação e áreas de cultivo próximas a floresta úmida ou consorciado com vegetação nativa.

Na chapada, a melhor situação encontra-se no Grupo 1, caracterizado como áreas de floresta úmida preservada e de cerrado desmatado e abandonado em recuperação.

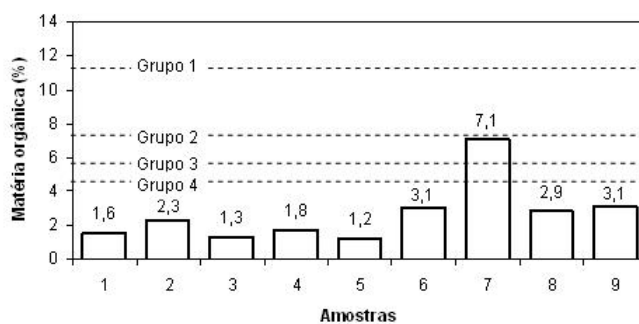
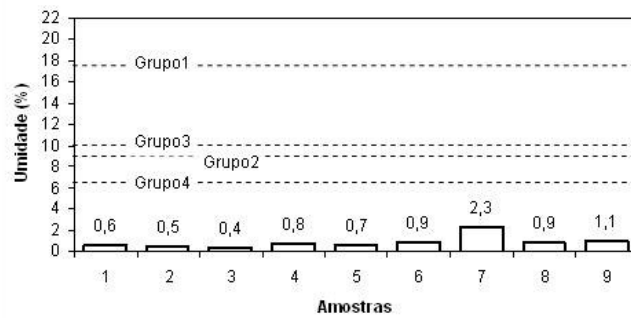


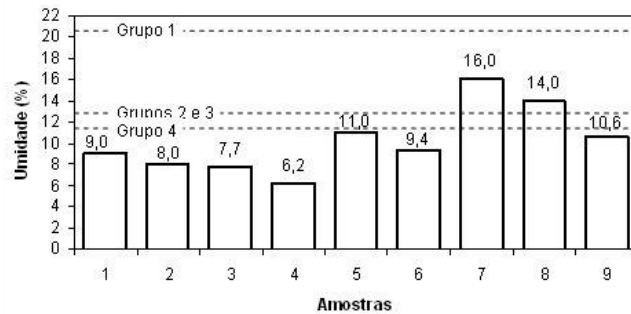
Figura 4. Matéria orgânica de solos do vale do Cariri, nos primeiros 20 cm de profundidade e de grupos de solos ordenados por Mendonça e colaboradores [2] em áreas de diferentes formações florestais da chapada do Araripe.

De acordo com a Figura 4, verifica-se que a maioria das amostras de solos coletadas no vale do Cariri apresentam teores de matéria orgânica inferiores ao Grupo 4 da chapada do Araripe, representativo de áreas extremamente antropizadas. Como a argila contribui com a preservação da matéria orgânica dos solos, estes baixos valores se devem, possivelmente, à menor presença de argila nos solos de textura arenosa abundantes no vale.

Este comportamento reflete no teor de umidade dos solos. No período seco, a umidade dos solos coletados no vale do Cariri, foi inferior à dos solos antropizados presentes no Grupo 4 da chapada do Araripe, refletindo condições desfavoráveis à manutenção do armazenamento de água no perfil (Figura 5a). No período chuvoso, a umidade das Amostras 1, 2, 3, 4 e 6, foi inferior à do Grupo 4, a das Amostras 5 e 9 foi compatível com o Grupo 4, enquanto a das Amostras 7 e 8 encontrara-se entre os Grupos 2 e 1 (Figura 5b).



(a)



(b)

Figura 5. Umidade de solos do vale do Cariri, nos períodos seco (a) e chuvoso (b), nos primeiros 20 cm de profundidade e de grupos de solos ordenados por Mendonça e colaboradores [2] para áreas de diferentes formações florestais da chapada do Araripe.

De acordo com a Figura 5, há uma grande variação na umidade dos solos do vale do Cariri entre o período seco e chuvoso. Este comportamento é visualizado através da variação do armazenamento de água no perfil do solo (Figura 6).

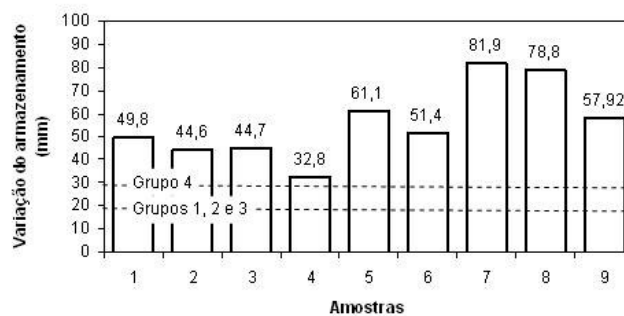


Figura 6. Variação do armazenamento de água de solos do vale do Cariri, entre os períodos seco e chuvoso, no perfil de 60 cm e de grupos de solos ordenados por Mendonça e colaboradores [2] para áreas de diferentes formações florestais da chapada do Araripe.

De acordo com a Figura 6, todas as amostras coletadas no vale do Cariri apresentaram maior variação do armazenamento de água que na pior categoria, Grupo 4, da chapada do Araripe.

A Figura 7 mostra a massa específica aparente, porosidade e condutividade hidráulica de cada amostra e os valores médios dos respectivos parâmetros determinados para áreas de floresta preservada e desmatada na chapada do Araripe por Mendonça [3].

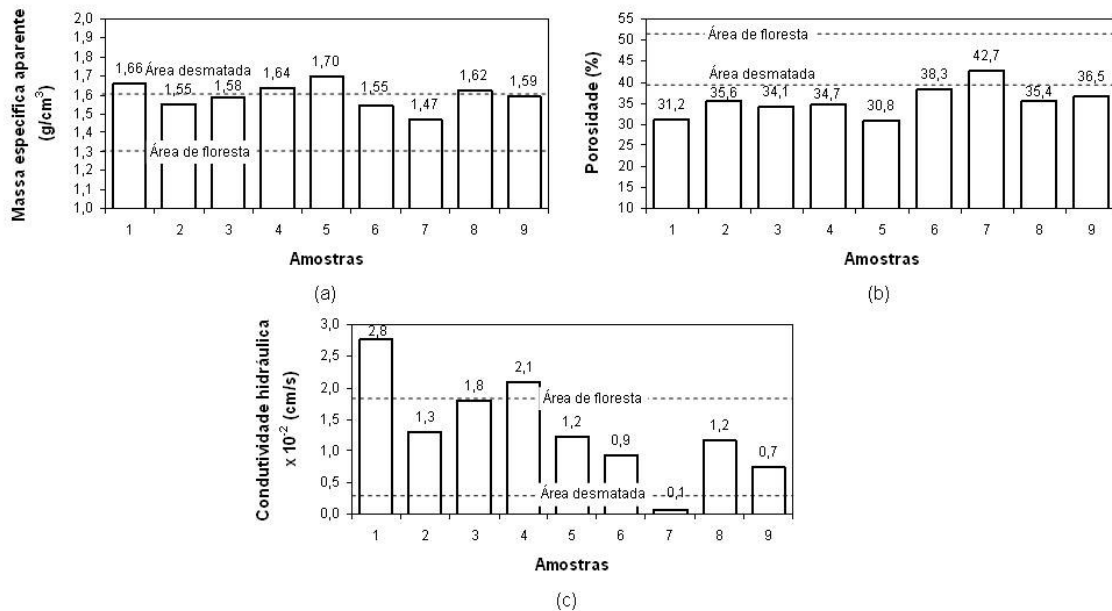


Figura 7. Massa específica aparente seca (a), porosidade (b) e condutividade hidráulica (c) de solos do vale do Cariri, nos primeiros 20 cm de profundidade e média dos respectivos parâmetros obtidas por Mendonça [3] em áreas de floresta preservada e desmatada na chapada do Araripe.

Observa-se na Figura 7a e b que a massa específica aparente e a porosidade das amostras estão próximas dos valores correspondentes das áreas desmatadas no topo da chapada do Araripe. Estes valores da chapada correspondem a áreas antropizadas que sofreram compactação, aumentando a massa específica e reduzindo a porosidade, quando comparada à área de floresta preservada.

Quanto à condutividade hidráulica dos solos, observa-se na Figura 7c, que algumas amostras apresentam valores da mesma ordem de grandeza dos solos das áreas de floresta preservada da chapada.

A boa condutividade hidráulica da maioria das amostras coletadas do vale não representa necessariamente uma boa condição para recarga, uma vez que o baixo teor de matéria orgânica (Figura 4) não contribui com a manutenção da umidade no período seco (Figura 5a), levando o solo a elevadas variações do armazenamento de água entre os períodos seco e chuvoso (Figura 6). Estas variações indicam que os solos do vale perdem importante quantidade de água das camadas superficiais, onde a evaporação é mais intensa devido à incidência direta dos raios solares na superfície do solo desnudado.

Segundo Horton [17], a infiltração varia diretamente com a textura do solo, a cobertura vegetal e o grau de saturação. Além disso, segundo Rijtema [18], a velocidade do fluxo entre camadas de solo é função da condutividade hidráulica que, por sua vez, é função do teor de umidade nas camadas. Assim, de acordo com o observado anteriormente, verifica-se que a capacidade de infiltração é função do grau de antropização e do tipo de cobertura do solo.

5 - CONCLUSÕES

Os parâmetros umidade, densidade aparente, porosidade total e condutividade hidráulica dos solos do vale do Cariri, bastante antropizados, apresentaram uma boa correlação linear com o teor de matéria orgânica.

Os solos areno-argilosos de aluvião apresentam maiores valores de matéria orgânica, umidade, porosidade total e variação no armazenamento de água entre os períodos seco e chuvoso e menores densidade aparente e condutividade hidráulica que os solos podzólicos vermelho-amarelo de textura arenosa mais abundantes na área.

Neste contexto, observou-se que quanto maior o conteúdo de matéria orgânica dos solos, menor a densidade aparente e a condutividade hidráulica e maior a porosidade.

A correlação condutividade hidráulica *versus* matéria orgânica dos solos do vale do Cariri apresentou comportamento inverso ao observado nos latossolos vermelho-amarelo de textura argilosa da chapada do Araripe. Este comportamento reflete um maior comprometimento do teor de matéria orgânica nos solos de textura arenosa das áreas antropizadas do vale e uma proteção nos solos de textura argilosa.

A grande maioria das amostras coletadas no vale do Cariri apresentou conteúdo de matéria orgânica e umidade nos períodos seco e chuvoso inferiores que da pior categoria dos solos antropizados da chapada do Araripe. A variação no armazenamento de água entre os períodos seco e chuvoso foi superior nos solos do vale.

A massa específica aparente e a porosidade das amostras de solos coletadas no vale estão próximas dos valores obtidos para áreas desmatadas na chapada.

A condutividade hidráulica de algumas amostras de solos antropizados do vale apresentou valores da mesma ordem de grandeza dos solos de áreas preservadas da chapada. Estes valores elevados não representam necessariamente uma boa condição para recarga, já que o baixo teor de matéria orgânica não contribui com a manutenção da umidade, levando o solo a elevadas variações do armazenamento de água entre os períodos seco e chuvoso, indicando importantes perdas de água das camadas superficiais, responsáveis pela percolação da água infiltrada no solo e pela recarga.

6 - AGRADECIMENTOS

Ao CEFET – Unidade Juazeiro do Norte, pelo apoio logístico, e ao CNPq, pelo suporte financeiro.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal, 2004**. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso: Maio/2008.
2. MENDONÇA, L. A. R.; VASQUEZ, M. A. N.; FEITOSA, J. V.; OLIVEIRA, J. F.; FRANCA, R. M.; VASQUEZ, E. M. F. **Influência da matéria orgânica dos solos de diferentes formações florestais na recarga do aquífero superior da Chapada do Araripe**. Relatório Técnico submetido ao Instituto Chico Mendes – Crato/ CE. Juazeiro do Norte: UFC, 2008. No prelo.
3. MENDONÇA, L. A. R. **Recursos hídricos da Chapada do Araripe**. 2001. 193f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil/ Recursos Hídricos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.
4. LEITE, E. P. F.; FIGUEIREDO, M. A.; SILVA, Z. R. Avaliação da evapotranspiração real do solo em áreas desmatadas e não desmatadas na Chapada do Araripe no município de Santana do Cariri – Ceará. **Caatinga**, n. 7, p. 256 – 265, 1990.
5. CHENG, J. D.; LIN, L. L.; LU, H. S. Influence of forests on water flows from headwater watersheds in Taiwan. **Forest Ecology and Management**, n. 165, p. 11 – 28, 2002.
6. BEST, A.; ZHANG, L.; MCMAHOM, T.; WESTERN, A.; VERTESSY, R. **A critical review of paired catchment studies with reference to seasonal flow and climatic variability**. Australia: CSIRO Land and Water, 2003. 56 p. (Technical Report 25/03).
7. DERPSCH, R.; ROTH, C.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle de erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1991. 272 p.
8. KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L.; SILVA, A. P. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.2, p. 45 – 54, 1998.
9. TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Influence des pratiques culturales sur le comportement et les propriétés de sols du Paraná (Brésil). **Étude Gestion Sols**, Paris, v.5, n.1, p. 61 – 71, 1998.
10. MARIA, I. C. de; CASTRO O. M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 703 – 709, 1999.

11. GOUDIE, A. **The human impact on the natural environment**. 4. ed. Oxford, 1993. 454 p.
12. INMET. **Normais climatológicas: 1961 – 1990**. Brasília: INMET, 1993.
13. DAVIES, B. E. Loss-on-ignition as an estimate of soil organic matter. **Soil Science Society of America Proceedings**, n. 38, p. 347 – 353, 1974.
14. LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. 2.ed. Piracicaba: ESALQ, 2000. 509p.
15. ESPINOZA, R. D. Infiltration. IN: DELLEUR, J. W. (Ed). **The handbook of groundwater engineering**. United States of America: CRC Press, 1998. Paginação irregular.
16. SEEMANAPALLI, S. V. K. Estimativa de velocidades de entrada d'água na superfície do solo. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Fortaleza, **Anais...** São Paulo: ABAS, v. 1, p. 114–126, 1984.
17. HORTON, R. E. Approach toward a physical interpretation of infiltration capacity. **Soil Science Society of America Proceedings**, n. 5, p. 399–417. 1940.
18. RIJTEMA, P. E. **An analysis of actual evapotranspiration**. Agricultural Research Report, n. 659. Predoc. Wageningen, 107 p. 1965.