

# EFEITO DAS ATIVIDADES AGROPASTORIS SOBRE OS ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE TRÊS CLASSES DE SOLOS DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO<sup>1</sup>

AGRO-PASTORAL ACTIVITIES EFFECT ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL ATTRIBUTES OF THREE CLASSES OF SOILS OF A WATERSHED IN THE BRAZILIAN SEMIARID

EFFECTO DE LAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE TRES CLASES DE SUELOS DE UNA CUENCA EN LO SEMIÁRIDO BRASILEÑO

Ronildo Alcântara Pereira - Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande - Paraíba - Brasil  
ronildo@dec.ufcg.edu.br

José Dantas Neto - Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande - Paraíba - Brasil  
zedantas@deag@ufcg.edu.br

## Resumo

Os solos do Semiárido brasileiro são comumente rasos, pedregosos e, em virtude das condições climáticas que se alternam entre secas e chuvas torrenciais, o seu desenvolvimento muitas vezes é incipiente. Ademais, o uso ocorre, quase sempre, em desacordo com o potencial existente. Tudo isso faz com que os solos percam diversos atributos que os protegem de processos erosivos. Assim, a área em análise, neste artigo, é a bacia do Rio Serra Branca, localizada no Cariri ocidental da Paraíba. O trabalho consistiu em um estudo exploratório das classes de solos predominantes (Luvissole, Neossolo Regolítico e Vertissolo) e o mapeamento da área, com base no uso de geoprocessamento e de informações preexistentes. A caracterização dos solos visou ao conhecimento de algumas propriedades ligadas aos processos erosivos (compactação, granulometria, densidade, infiltração, matéria orgânica e oxigênio incorporado). Os resultados mostraram a ausência de material argiloso, elevado percentual de compactação, reduzidas taxas de infiltração e baixos teores de matéria orgânica e oxigênio incorporado. Isso mostra que não apenas as condições climáticas ali presentes contribuem para a degradação dos solos, mas também o uso e manejo concorrem decisivamente para a ocorrência de processos erosivos, afetando o equilíbrio ambiental da área.

**Palavras-chave:** compactação dos solos, impactos do uso e manejo sobre os solos, bacia hidrográfica.

## Abstract

The soils of the Brazilian Semi-arid region are commonly shallow and stony. Also, due to climatic conditions that alternate between droughts and torrential rains, its development is often incipient. In addition, the use is often at odds with the existing potential. The sum of these factors contributes to the existence of soils with absence of several attributes that protect it from erosion. The area under consideration here was the Serra Branca river basin, located in western Cariri of Paraíba. The work consisted of an exploratory study of the predominant soil types (Luvisol, Vertisol and Neosol Regolith) and the mapping of the area, based on the use of GIS and existing information. The soil characterization aimed the knowledge of some properties related to erosive processes (compaction, particle size, density, infiltration, organic matter and oxygen incorporated). The results showed the absence of clay material, a high percentage of compaction, reduced infiltration rates and low levels of organic matter and organic oxygen incorporated. This shows that not only the climatic conditions therein contribute to land degradation, but also the use and soil management contribute decisively to the occurrence of erosion, affecting the environmental balance of the area.

**Key words:** soil compaction, impacts of use and management on soils, watershed.

## Resumen

Los suelos de la región semiárida de Brasil son generalmente poco profundos y pedregosos. Por otra parte, debido a las condiciones climáticas que se alternan entre las sequías y lluvias torrenciales, su desarrollo es a menudo incipiente. Además, el uso es muchas veces en desacuerdo con el potencial existente. La suma de estos factores contribuye a que tienen suelos con ausencia de varios atributos que lo protegen de la erosión. El área que nos ocupa fue la cuenca del río Serra Branca, ubicado en el oeste de Cariri de Paraíba. El trabajo consistió en un estudio exploratorio de los tipos de suelos predominantes (Luvisole, Neosoles y Vertisole) y la cartografía de la zona, basado en el uso de los SIG y la información existente. La caracterización de los suelos objetivó el conocimiento de algunas propiedades, vinculado a los procesos erosivos (compactación, tamaño de las partículas, la densidad, la infiltración, la materia orgánica y oxígeno incorporados). Los resultados mostraron la ausencia de material de arcilla, un alto porcentaje de compactación, reducidas tasas de infiltración y bajos niveles de materia orgánica y oxígeno incorporado orgánico. Esto demuestra, que no sólo las condiciones climáticas en él contribuyen a la degradación de la tierra, sino también el uso y manejo del suelo contribuyen de manera decisiva a la aparición de la erosión, que afecta el equilibrio ambiental de la zona.

**Palabras clave:** compactación del suelo, impactos del uso de la tierra y la gestión de suelo, las cuencas hidrográficas.

## Introdução

Com raras exceções, os solos do Semiárido brasileiro são pouco desenvolvidos, rasos, de textura média a arenosa, com média a alta fertilidade natural, apresentando limitações ao uso como a deficiência de água e a suscetibilidade à erosão, pedregosidade, rochiosidade, salinidade, alcalinidade e drenagem.

A falta de manejo e a intervenção antrópica desproporcional, no meio ambiente tropical, têm agravado de forma crescente a deterioração dos solos. As práticas agrícolas e a pecuária extensiva são fatores que intensificam a problemática, sobretudo em um espaço ambientalmente frágil. Em muitos casos, esses problemas são pertinentes à substituição da cobertura vegetal, à ocupação inadequada de áreas, como encostas, e à utilização imprópria dos solos; tudo isso pode ocasionar processos erosivos acelerados.

No caso do Semiárido brasileiro, os impactos antrópicos parecem ecoar de forma mais intensa em virtude da fragilidade socioespacial da área, especialmente quando estas interferências acontecem de forma associada (aspectos naturais e antrópicos).

Dessa forma, o quadro climático extremo, que se alterna entre um longo período de estiagem e chuvas torrenciais concentradas em poucos meses; o uso e a ocupação do solo, quase sempre inadequados à capacidade oferecida, interferem profundamente na formação e nas propriedades dos

solos que, como se sabe, são aspectos vitais para o desenvolvimento da vegetação, o êxito da produção e a própria manutenção da estabilidade ecológica de uma área.

Por todas essas razões, o solo se constitui em um dos recursos essenciais por si só e pela influência que exerce sobre os ambientes e a sociedades, caracterizando-se como fonte de obtenção de víveres e energia biológica.

Em virtude da relevância dessas questões relacionadas ao solo, existe a necessidade de maior aprofundamento de estudos que sejam abrangentes e, nesse contexto, é valiosa a adoção da bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento, visto que ela integra a complexidade do ambiente, por permitir analisar as consequências da ação social sobre o meio, de forma sinótica (Tundisi, 2003).

Diante do exposto, este trabalho teve como meta determinar as propriedades físicas e químicas do solo que têm relação com processos erosivos e analisar o efeito das atividades agropastoris sobre a infiltração em três classes de solos na bacia do Rio Serra Branca/PB.

## Materiais e métodos

Para atender ao objetivo proposto, foram utilizados os seguintes materiais e procedimentos: imagens do sensor *Tm* do *Landsat-5*, referentes à órbita/ao ponto 215/65 de data de passagem de 9 de julho de 2010; dados da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM, 2000) cedidos pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

Como forma de detalhar as características dos solos da bacia, foram utilizados parâmetros relevantes para a demarcação de Unidades Geoambientais (UGs), considerando a amplitude altimétrica (Sousa, 2005), a predominância de classes de solo e, por fim, a densidade da cobertura vegetal (IBGE, 2007). A área foi dividida em três UGs, com características próprias de drenagem superficial, ordenamento dos solos e modelos fisiográficos de vegetação. Também houve o uso de informações preexistentes, contidas em mapas temáticos do Projeto Radambrasil (1983) e de Paraíba (2006), que serviram de mapas-base para a elaboração das classes de solo, e o sistema de Posicionamento Global por Satélite (GPS), utilizado para o mapeamento e a determinação dos pontos amostrais.

Na etapa do geoprocessamento, foram utilizados o *software Arcgis desktop for use* (licença própria) e o *Erdas 9.1* (licença do DCA/UFCG). Os parâmetros para a delimitação das UGs 1, 2 e 3, conforme se observa na Figura 1, foram: (i) interpretação visual do padrão de drenagem e aspectos geomorfológicos; (ii) amplitude altimétrica; (iii) ordenamento das classes predominantes de solos (IBGE, 2007); e (iv) modelos fisiográficos de vegetação, com base na classificação digital de imagem sobre o *Enhanced Vegetation Index* (EVI).

Para a coleta de amostras de solo, foi utilizado um desenho de amostragem estratificado que constou de um arranjo fatorial 3 x 3 x 3, com três classes de solo – Luvisolo crômico (T), Neossolo regolítico (RR) e Vertissolo(V) –, três classes de vegetação (subarbórea, arbustiva e subarbustiva) e três graus de cobertura vegetal (rala, aberta e densa), de acordo com Sousa, (2006). A coleta de solo foi feita na camada superficial (0,0 a 0,2 m) e a determinação dos parâmetros físicos dos solos foi realizada no Laboratório de Solos I da UFCG seguindo estas etapas: (i) preparação de amostra (ABNT - NBR 6457/86b); (ii) densidade de campo por anel volumétrico (ABNT - NBR 9813/87b); e (iii) densidade máxima de laboratório, através do ensaio de compactação proctor normal (ABNT-NBR 7182/86a).

A determinação da análise granulométrica do solo, de acordo com a ABNT-NBR 7181/82, teve como objetivo mostrar a distribuição do padrão textural dos materiais granulares. Na execução do ensaio, utilizou-se uma série de peneiras de abertura de malhas (0.075 – 0.42 – 2.0 mm), obtendo-se as frações correspondentes a areia grossa, areia fina, silte e argila. Para a realização do ensaio de sedimentação, utilizou-se a amostra de material passado na peneira de 2 mm, com um peso de 100g, seguindo-se o procedimento experimental de colocar o material imerso em solução defloculante (hexametáfosfato) por um período de vinte e quatro horas, sequenciado pelo que determina a norma do ensaio da ABNT-NBR 7181/84b. A determinação dos limites de liquidez e plasticidade seguiu as normas da ABNT-NBR 6459/87a e 7180/84a respectivamente.

Outro parâmetro utilizado foi a infiltração de água no solo, por anéis concêntricos, segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006), comparando-se os valores entre o uso agrícola e o pastoril, como forma de verificar a influência dessas atividades sobre as propriedades físicas do solo. Os pontos amostrais, para os testes de infiltração, foram escolhidos aleatoriamente, mas deveriam atender a três condições: área contígua,

mesmo solo e condições diferentes de uso. A partir da efetivação dos experimentos, foram determinadas a Velocidade de Infiltração Básica (VIB) e a Taxa de Infiltração Média (TIM).

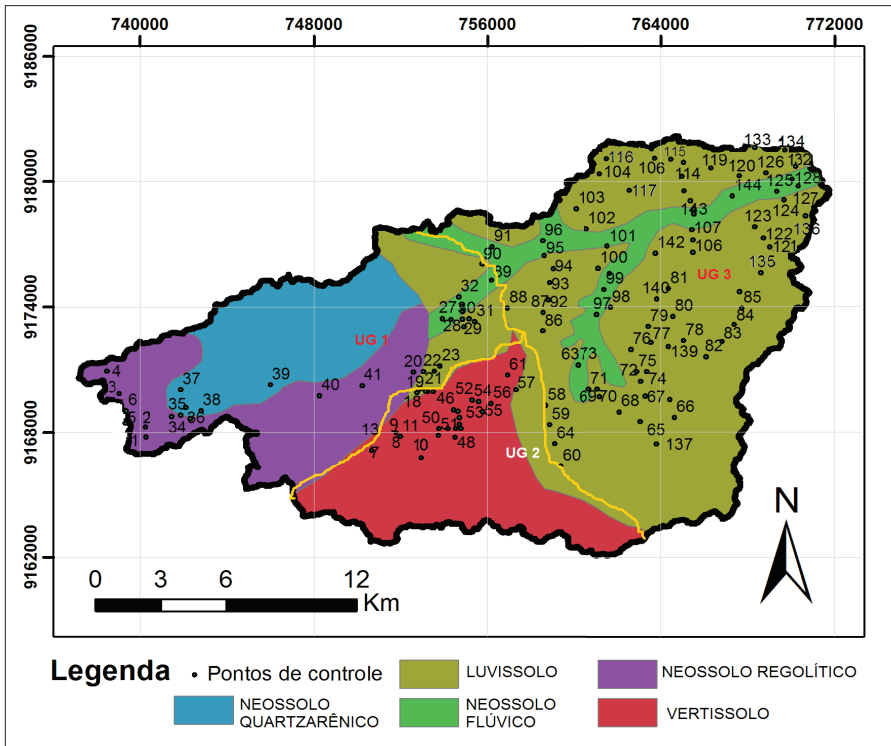


Figura 1: Mapa de solos e pontos georreferenciados de coleta de amostras, ensaios de densidade *in situ* e infiltração. Fonte: Mapa de solos (Radambrasil, 1983; Paraíba, 2006).

Por fim, foram determinadas as propriedades químicas (carbono, matéria orgânica e pH) do solo, cujos procedimentos tiveram lugar no Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG. A pesquisa de campo foi realizada entre os meses de novembro de 2011 e março de 2012, já as análises laboratoriais estenderam-se até junho de 2012.

Em que pese ter sido coletada uma grande quantidade de amostras (144) nas três UGs, para o propósito deste estudo, os resultados aqui

apresentados dizem respeito apenas aos pontos amostrais situados nas proximidades da realização das infiltrações. Esses dados referem-se aos experimentos de campo (densidade aparente de campo, infiltração) e aos realizados em laboratório (compactação, granulometria, limites de liquidez e limite de plasticidade), perfazendo um total de 10 amostras na UG1, 8 na UG2 e 10 na UG3.

### Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Serra Branca (Figura 2) está localizada no Semiárido paraibano. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima do local é do tipo Bsh (semiárido), caracterizado por insuficiência e irregularidade das precipitações pluviais e pela ocorrência de temperaturas elevadas. A precipitação pluvial média anual observada no período de 1962 a 2010 foi de 400 mm.

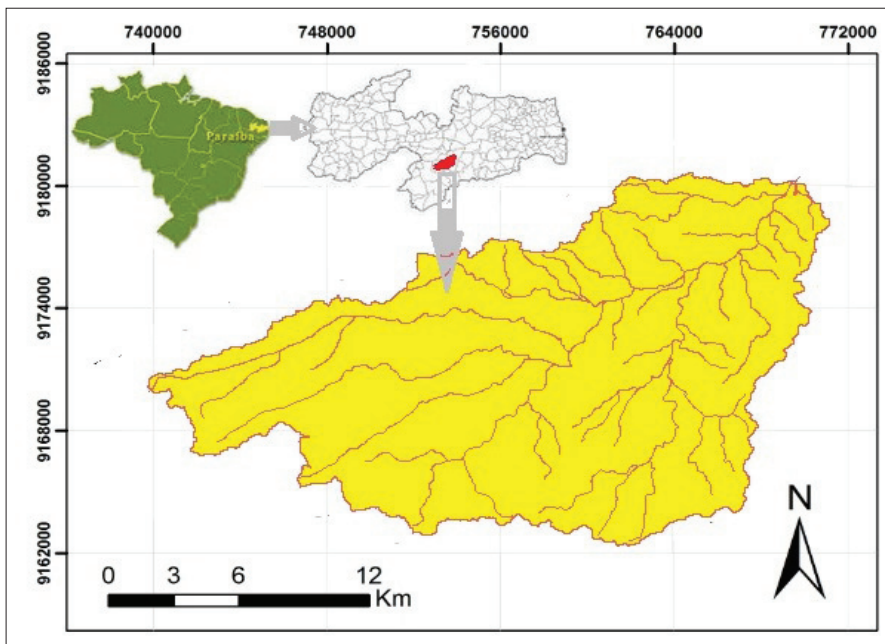


Figura 2: Localização da bacia hidrográfica do Rio Serra Branca em relação ao estado da Paraíba e ao Brasil. Fonte: Pereira (2012).

A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro e termina em maio. A temperatura média anual histórica é de 24°C e a umidade relativa média anual é de 57% (Albuquerque; Lombardi Neto; Srinivasan, 2002). A base econômica tem como característica a produção agropecuária com base no caprino-bovinocultura e a agricultura de sequeiro.

A partir das condições aludidas, foram obtidos os resultados das propriedades físico-químicas do solo em cada unidade geoambiental de modo a traduzir as condições ambientais da bacia, como mostrado em sequência.

## Resultados e discussão

### *Propriedades dos solos, classes Neossolo Reglítico e Quartzarênico da UG1*

A UG1 situa-se a oeste da bacia. Nela, alguns aspectos chamam a atenção como, por exemplo, a prevalência de solos Neossolos Quartzarênicos e os afloramentos rochosos, o que explica as altas taxas de densidade aparente de campo, ausência de índices de liquidez e plasticidade, bem como elevados valores de velocidade de infiltração.

A Tabela 1 mostra uma síntese dos ensaios realizados na UG1 (10 pontos amostrais), composta por procedimentos de campo e laboratório. Para isso, procurou-se adicionar os parâmetros oriundos da equação proposta por Kostiakov (1932), para a determinação da VIB, através do modelo empírico, como demonstrado na Equação 1:

$$I = K.T = K.T^m \quad \text{Eq. (1).}$$

Nesse caso,  $I$  é a infiltração acumulada (mm),  $T$  é o tempo de infiltração acumulado (min.),  $K$  e  $m$  são coeficientes que dependem do tipo de solo, com  $m$  variando de 0 a 1.

Pelos resultados contidos na Tabela 1, percebe-se que as densidades aparentes de campo, em alguns pontos, apresentaram grande variação nos valores das duas áreas (agrícola e pasto) e no grau de compactação, em comparação a estudos de outros autores como, por exemplo, Marchezan, Segabinazzi e Vzzoto (2000), que encontraram valores entre 1,35 e 1,45g/cm<sup>3</sup>, portanto bem abaixo dos encontrados no presente estudo. Vale considerar que a pesquisa desses autores foi efetivada em solo cujo cultivo se deu por processo mecanizado; assim, recebeu uma carga muito mais intensa de energia mecânica aplicada ao solo.

Tabela 1: Dados relativos aos ensaios de campo e laboratório para a determinação das propriedades do solo e a estatística correspondente às análises da UG1.

UG1	Propriedades do solo						Infiltração e Velocidade de Infiltração Básica						
	Pontos	DAC g/cm <sup>3</sup>	DAM g/cm <sup>3</sup>	Gc %	LL %	LP %	Granulometria %			Uso	I= <sup>a</sup>	R <sup>2</sup> =	VIB mm/h
						AM	AF	Silte					
<b>P. 1</b>	1,61	1,81	88	NL	NP	39	43	18	Agríc.	97,344T <sup>0,471</sup>	0,7290	50	
<b>P.3</b>	1,63	1,85	86	NL	NP	33	42	24	Pasto	170,55T <sup>0,589</sup>	0,8428	75	
<b>P.8</b>	1,44	1,70	85	NL	NP	32	56	12	Agríc.	813,67T <sup>0,851</sup>	0,9085	250	
<b>P. 10</b>	1,44	1,71	89	NL	NP	41	43	16	Pasto	102,75T <sup>0,334</sup>	0,6981	60	
<b>P.14</b>	1,70	1,84	92	NL	NP	54	41	5	Agríc.	141,77T <sup>0,598</sup>	0,6946	61	
<b>P.16</b>	1,56	1,82	97	NL	NP	38	50	12	Pasto	244,47T <sup>0,87</sup>	0,7873	73	
<b>P.23</b>	1,61	1,93	84	19	NP	37	48	15	Pasto	168,61T <sup>0,656</sup>	0,8625	56	
<b>P.26</b>	1,70	1,89	89	36	27	30	25	45	Agríc.	138,32T <sup>0,647</sup>	0,797	77	
<b>P.33</b>	1,71	1,79	95	NL	NP	40	46	14	Pasto	168,61T <sup>0,656</sup>	0,8625	370	
<b>P.35</b>	1,75	1,90	95	NL	NP	25	27	48	Agríc.	2344,1T <sup>0,80</sup>	0,7478	645	
<b>Moda</b>	1,61	1,81	92	-	-	39	37	18	-	-	-	-	
<b>M. ar.</b>	1,68	1,85	90.6	-	-	37	29	23	-	-	-	-	
<b>D.pad</b>	0,11	0,09	6.1	-	-	6.67	7.99	10.4	-	-	-	-	
<b>CV</b>	68	49	67	-	-	83	27.5	45.3	-	-	-	-	

Legenda: DAC: Densidade Aparente de Campo; DAM: Densidade Aparente Máxima; Gc: Grau de compactação; LL: Limite de Liquidez; LP: Limite de Plasticidade; NL: Não Líquido; NP: Não Plástico; VIB: Velocidade de Infiltração Básica; AM: Área Média; AF: Área Fina; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação.

Os valores de densidade aparente de campo aqui encontrados, se comparados aos obtidos por Melo et al. (2010), em áreas limítrofes, mostram-se muito além da faixa comumente aceitável, fazendo crer que, além do manejo, as características naturais também contribuem para o aumento da DAC.

Lujan (2003), em estudo comparativo de duas classes de Neossolos, de Barinas e Chacaramas, no centro-noroeste da Venezuela, encontrou resultados parecidos com os verificados aqui; assim, áreas com essas feições, assentadas sobre relevo movimentado e com pouca cobertura vegetal, tornam-se fortemente propensas à erosão.

De acordo com os dados da Tabela 1, relativos ao grau de compactação, nota-se que estes, a exemplo das DAC, também sofreram grande variação espacial. Poucas amostras apresentaram valores que se enquadram no limite comumente aceitável (entre 75 e 90%). O aspecto mais preocupante é que o grau de compactação está no limite próximo ao superior. Esse fato, em geral, indica a presença de solo com deficiência na



condutividade hidráulica, em virtude da redução de índices vazios, uma característica que dificulta a infiltração de água no solo (Guerra; Botelho, 1996). Contudo, nesse caso, os valores elevados não são atribuídos a tais aspectos, mas por tratar-se de Neossolo quartzarênico, no qual existe a falta de matéria orgânica e oxigênio incorporado (Sousa, 2006).

A granulometria apresentou pouca variação entre as faixas, uma vez que o solo apresentou partículas bem uniformes e, dessa forma, concentradas nas frações mais finas. Apenas três amostras de um universo de dez apresentaram percentuais elevados (igual ou acima de 40%), retido na (2,0 mm). As demais apresentaram maior porcentagem, entre 40 e 50% na faixa situada entre as peneiras 0,42 e 0,074 mm, mostrando tratar-se de solo composto por areia fina e silte. Com base nos dados observados, foi possível enquadrar esse solo em três faixas granulométricas: areia média, areia fina e silte, caracterizando um solo franco-arenoso (Embrapa, 2009).

O reflexo da estrutura granulométrica se consolida nos dados obtidos com os experimentos de consistência física, liquidez e plasticidade, revelando a presença de um solo com pouca ou quase nenhuma coesão (Palmiere; Larach, 1998).

Das dez amostras ensaiadas nessa unidade, apenas uma apresentou limites de liquidez e outra de liquidez e plasticidade. Contudo, o Índice de Plasticidade (IP), que é a razão entre LL e LP, apresentou um valor que não ultrapassa os 10%; nesse caso, segundo Santos, Silva e Srinivasan (2007), trata-se de solo pobre em coesão a protegê-lo da erosão.

Para avaliar a capacidade de infiltração, observaram-se os aspectos de condutividade hidráulica de cada ponto nas áreas de amostragem, locais de preferência contíguos que abrigassem as atividades agrícolas e pastoris. Por razões óbvias, as taxas de infiltração na UG1 foram excessivamente elevadas nas duas áreas comparadas, sobretudo nos pontos 8, 33 e 35, em razão do tipo de solo (RQ) que absorve muita água.

Na coluna (I) da Tabela 1, é descrito o modelo de infiltração em cada ponto amostral, o qual relaciona tempo e fluxo através das variáveis  $K$  e  $m$ . Essa equação retrata o comportamento do ensaio. Já  $R^2$  indica o ajuste do modelo aos dados experimentais, cujo valor varia de 0 a 1, em que, quanto mais próximo de 1, mais válido considera-se o experimento.

As Taxas de Infiltração Média correspondentes a cada ponto amostral, no âmbito da UG1, substituem as exibidas na Tabela 2.

Tabela 2: Taxas de infiltração média dos experimentos de infiltração da UG1.

Ponto amostral	P.1	P.3	P.8	P.10	P.14	P.16	P.23	P.26	P.33	P.35
TIM (mm/h)	95	116	485	94	127	118	106	118	702	1499
Uso	Ag.	Pt.	Ag.	Pt.	Ag.	Pt.	Pt.	Ag.	Pt.	Ag.

Legenda: Ag.: agrícola; Pt.: pasto.

Nota-se, pelos resultados da Tabela 2, que das áreas de pasto, apenas o ponto P.3 apresentou maior valor na TIM. Esse aspecto se confirma também na VIB, apontando para a influência do uso do pastoreio sobre as propriedades do solo em questão.

Ainda sobre a capacidade de infiltração, sabe-se da ligação que há entre esta e algumas propriedades químicas, em se tratando de aspectos favoráveis ao armazenamento de água no solo (Pinheiro; Teixeira; Kaufmann, 2009). Dessa forma, a Tabela 3 mostra os percentuais de três dessas propriedades químicas do solo encontradas na bacia, as quais são de reconhecido valor para aumentar a aeração e diminuir a densidade do solo.

Tabela 3: Propriedades químicas dos solos da UG1.

UG1	Carbono Orgânico (%)	Matéria Orgânica (%)	pH			
P. 1	Área agrícola	1.04	Área agrícola	0.36	Área agrícola	6.50
P.3	Área pasto	1.79	Área pasto	0.60	Área pasto	8.94
P.8	Área agrícola	0.28	Área agrícola	1.45	Área agrícola	5.72
P. 10	Área pasto	0.48	Área pasto	2.50	Área pasto	6.92
P.14	Área agrícola	0.72	Área agrícola	1.24	Área agrícola	6.60
P.16	Área pasto	1.24	Área pasto	1.75	Área pasto	6.95
P.23	Área agrícola	0.39	Área agrícola	0.67	Área agrícola	7.60
P.26	Área pasto	0.67	Área pasto	1.15	Área pasto	6.76
P.33	Área agrícola	0.50	Área agrícola	0.86	Área agrícola	5.70
P.35	Área pasto	0.33	Área pasto	0.57	Área pasto	5.96

De acordo com os dados da Tabela 3, inferem-se os baixíssimos níveis de carbono orgânico e matéria orgânica. Pelos valores presentes, apenas o pH pode ser considerado dentro da normalidade, excetuando-se os dados do ponto P.3. Esse fato é justificado pela ausência de solos plásticos na área, uma vez que esses parâmetros químicos e a atividade das argilas têm forte correlação (Guerra; Botelho, 1996; Palmiere; Larach, 1998). Vale lembrar que uma considerável extensão da UG1 é composta por Neossolo Quartzarênico (areia), que oferece poucas condições para o

desenvolvimento de vegetação nativa ou culturas plantadas. Em decorrência disso, registra-se na área uma fraca cobertura vegetal, a qual oferece pouca contribuição à incorporação de restos orgânicos ao solo, em razão do raleamento, no período seco (Silva, et al., 2011). A influência dos aspectos bioquímicos do solo, nesse caso, difere dos encontrados por Silva, Montenegro e Santos (2012) em outra bacia hidrográfica do Semiárido brasileiro, na qual registraram-se resultados mais expressivos.

### *Propriedades do solo da classe Vertissolo cromado presente na UG2*

A UG2 situa-se nas porções sudoeste e sul da bacia. Apresenta como aspecto marcante a predominância de solo Vertissolo cromado órtico, evidenciado pela atividade das argilas presentes nas feições da camada superficial em diversos locais da unidade. A Tabela 4 mostra uma sinopse dos ensaios realizados nessa unidade geoambiental.

Tabela 4: Dados relativos aos ensaios de campo e laboratório para a determinação das propriedades do solo e a estatística correspondente às análises da UG2.

UG2	Propriedades do solo						Infiltração e Velocidade de Infiltração Básica					
	DAC g/cm <sup>3</sup>	DAM g/cm <sup>3</sup>	Gc %	LL %	LP %	Granulometria %			Uso	I=	R <sup>2</sup> =	VIB mm/h
Pontos						A.M	A.F	Silte				
<b>P.42</b>	1.62	2.04	79	24	16	16	44	40	Agrícola	71.565T <sup>0.575</sup>	0.9727	92
<b>P.44</b>	1.57	1.82	93	29	21	20	39	41	Pasto	108.28T <sup>0.436</sup>	0.9824	132
<b>P.51</b>	1.69	1.81	93	24	17	16	44	40	Agrícola	169.84T <sup>0.625</sup>	0.8343	26
<b>P.55</b>	1.66	1.81	91	NL	NP	38	42	20	Pasto	99.42T <sup>0.501</sup>	0.8355	7
<b>P.63</b>	1.72	1.70	100	21	17	25	36	39	Agrícola	75.359T <sup>0.363</sup>	0.953	13
<b>P.67</b>	1.73	1.88	92	NL	NP	27	31	42	Pasto	85.797T <sup>1.175</sup>	0.9701	16
<b>P.73</b>	1.82	1.95	93	27	16	16	38	46	Pasto	137.96T <sup>1.006</sup>	0.8212	14
<b>P.77</b>	1.79	1.97	91	24	NP	35	37	23	Agrícola	169.99T <sup>0.559</sup>	0.7792	17
<b>Moda</b>	1.75	1.82	93	-	-	14,1	37,5	40.7	-	-	-	-
<b>M. arit.</b>	1.71	1.86	92	-	-	19,3	41,0	32.0	-	-	-	-
<b>D.pad</b>	0.081	0.08	4.65	-	-	5.46	4.72	10.08	-	-	-	-
<b>CV</b>	47.3	44.6	50.5	-	-	28.3	47.2	31.5	-	-	-	-

Legenda: DAC: Densidade Aparente de Campo; DAM: Densidade Aparente Máxima; Gc: Grau de compactação; LL: Limite de Liqueidez; LP: Limite de Plasticidade; NL: Não Líquido; NP: Não Plástico; VIB: Velocidade de Infiltração Básica; AM: Areia Média; AF: Areia Fina; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação.

De acordo com os dados da Tabela 4, os ensaios de densidade aparente apresentaram valores elevados para uma área com predominância de solos argilosos. Esse fato pode ter ligação com o pisoteio de animais sobre o solo, comprovado pelo elevado grau de compactação obtido e ratificado pelos baixos valores da taxa de infiltração média em diversos pontos amostrais da UG. Esses dados estão de acordo com resultados encontrados em estudos de outros autores, a exemplo de Dunne, Western e Dietrich (2011), que ainda os relacionaram com as atividades praticadas.

Quanto aos dados relativos ao grau de compactação, percebeu-se que ele apresentou valores elevados, com tendência de se igualar aos determinados em laboratório.

Observou-se, ainda, que apenas uma amostra das oito estudadas apresentou valor próximo a 75%, que é o limite inferior desejável (Kiehl, 1979). Para Santos, Silva e Srinivasan (2007), a compactação natural deve ser menor, em torno de 25%, dependendo do solo, em comparação à compactação, para o ensaio com proctor normal.

O atributo do grau de compactação em um solo ganha importância, sobretudo do ponto de vista geomorfológico, porque tem implicação direta no estado de conservação em áreas com deficiência de cobertura vegetal, em face dos efeitos dos agentes erosivos, especialmente a água (Marchezan; Segabinazzi; Vzzoto, 2000; Dunne; Western; Dietrich, 2011).

Na elaboração dos ensaios da estrutura granulométrica, em laboratório, obteve-se uma concentração de percentuais em maior nível no intervalo entre a peneira 0,42 e 0,072 mm. Concentração expressiva nessa faixa aponta para um solo de textura fina. A segunda fração mais representativa revelou valores de material  $\emptyset < 0,074$  mm, confirmando tratar-se de solo silte-argiloso (Embrapa, 2009).

Nos ensaios de consistência, duas amostras não apresentaram índices de liquidez e plasticidade, embora tenham mostrado elevados valores de silte ( $\emptyset < 0,074$ ). As demais apresentaram valores entre 4,5 e 13% de IP. Valores neste patamar podem ser considerados satisfatórios para os solos formados em condições semiáridas, como no caso presente (Embrapa, 2009). O solo dessa unidade revelou a presença marcante de coesão, mas aponta para o predomínio de processos morfo genéticos em detrimento dos pedogenéticos, pelo seu uso e manejo.

As equações que representam a infiltração (I), presentes na Tabela 4, retratam de modo adequado o comportamento do fluxo na presença de

solos argilosos. Da mesma forma, os valores de  $R^2$  representam a adequação do modelo aos dados, com variações menores e mais próximas de um (1), contrariamente ao observado no comportamento dos Neossolos.

Na determinação das TIM da UG2, verificaram-se valores elevados (Tabela 5), muito embora, das Unidades Geoambientais, tenha sido a que apresentou solos mais coesos.

Tabela 5: Taxas de Infiltração Média dos experimentos de infiltração da UG2.

Ponto amostral	P.42	P.44	P.51	P.55	P.63	P.67	P.73	P.77
TIM (mm/h)	282	171	170	150	208	30	29	62
Uso	Ag.	Pt.	Ag.	Pt.	Ag.	Pt.	Pt.	Ag.

Legenda: Ag.: agrícola; Pt.: pasto.

Assim, na comparação entre os pontos P.42 e P.44 (Tabela 5), observou-se um leve favorecimento da passagem de água para o interior do solo nas áreas agrícolas, porém as taxas de infiltração média chamaram a atenção nos pontos P.42 e P.63, com valores demasiadamente elevados, fato que pode estar relacionado às raízes nos locais influenciando o fluxo de água para o interior do perfil (Amaral, 2011). Outra hipótese é a atividade das argilas, pois as fissuras decorrentes da expansão e retração são muito mais proeminentes nas áreas agrícolas, permitindo maior fluxo inicial, situação oposta às áreas de pasto, visto que o pisoteio elimina, ainda que superficialmente, as fendas ou rachaduras (Amaral, 2011). Nos demais locais, constata-se certo equilíbrio entre os valores.

Nas infiltrações relativas aos pontos 73 e 77, pode-se constatar que elas foram as que apresentaram menores taxas de infiltração média de toda a UG2. De acordo com Ranzanni (1965), esse resultado pode ser creditado ao elevado grau de compactação e à forte plasticidade, mostrando que esses solos são considerados fortemente coesos.

Diante do contexto, admitindo a ligação que existe entre os parâmetros físicos e químicos do solo, em relação ao favorecimento dos processos de conservação, na Tabela 6 há os valores de carbono orgânico, matéria orgânica e pH do solo das área de amostragem da UG2.

Nos dados da Tabela 6, repetem-se os baixos valores encontrados nas classes de solos Neossolos examinadas anteriormente. Os valores modestos de carbono orgânico incorporado e, conseqüentemente, de matéria orgânica, nessa área, atestam o grau de propensão aos processos erosivos

a que ela está exposta, uma vez que a ausência dessas propriedades dificulta a absorção e a retenção de água pelo solo (Amaral, 2011).

Tabela 6: Propriedades químicas do solo da UG2.

UG2	Carbono Orgânico %		Matéria Orgânica %		pH	
P.42	Área agrícola	0.50	Área agrícola	0.86	Área agrícola	6.64
P.44	Área pasto	0.33	Área pasto	0.57	Área pasto	6.67
P.51	Área agrícola	0.22	Área agrícola	0.38	Área agrícola	6.40
P.55	Área pasto	0.43	Área pasto	0.74	Área pasto	7.13
P.63	Área agrícola	0.24	Área agrícola	0.41	Área agrícola	6.75
P.67	Área pasto	0.29	Área pasto	0.50	Área pasto	6.06
P.73	Área agrícola	0.30	Área agrícola	0.52	Área agrícola	6.20
P.77	Área pasto	1.70	Área pasto	2.93	Área pasto	6.18

### *Propriedades do solo da classe Luvisolo Crômico da UG3*

A Unidade Geoambiental (UG3) localiza-se nas porções leste, nordeste e sudeste da bacia. De todas as unidades individualizadas, ela é a mais plana, com declividades entre 2% e 8%.

O aspecto marcante nessa unidade é a predominância da classe de solos Luvisolo crômico, abrangendo ainda, em seus limites, uma mancha de Neossolo Flúvico. Também é na UG3 que a cobertura vegetal apresentou menor densidade e porte mais rasteiro, fato que se reflete nos aspectos físico-químicos e bioquímicos do solo, como será visto mais adiante. A Tabela 7 mostra um sumário dos ensaios realizados ali e os parâmetros utilizados para as determinações. Os ensaios de DAC e o grau de compactação apresentaram, nos pontos P.103, P.119 e P. 122, valores elevados para a área com predominância de Luvisolo. Como a exploração se dá majoritariamente pela pecuária extensiva, inclusive nas áreas agrícolas, esta pode ser a explicação para o aumento das taxas dessas propriedades físicas do solo, sobretudo a compactação (Dunne; Western; Dietrich, 2011).

De acordo com os resultados majorados, nos pontos supracitados, o fato pode ter relação com as mudanças existentes na instabilidade da estrutura granulométrica e com ocorrência ou não de plasticidade, provocadas pelo uso intenso das atividades produtivas, visto que, em diversas áreas da unidade, após o período de colheita, é comum a utilização das várzeas para o pastoreio com o aproveitamento dos restos das culturas. Dessa forma, o solo com certa umidade recebe a carga do pisoteio animal,

sobretudo o bovino, e o resultado é a alteração na densidade, por meio da energia de compactação.

Tabela 7: Dados relativos aos ensaios de campo e laboratório para a determinação das propriedades do solo e a estatística correspondente às análises da UG2.

Pontos	Propriedades do solo						Infiltração de água no solo/ parâmetros					
	DAC	DAM	Gc	LL	LP	Granulometria %			Uso	I= <sup>a</sup>	R <sup>2</sup> = <sup>a</sup>	VIB mm/h
	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	%	%	%	Areia	Silte	Argila				
86	1.57	1,898	83	NL	NP	38	41	21	Agrícola	147,82T <sup>1,028</sup>	0,9195	35
87	1.54	1,796	86	29	17	17	43	40	Pasto	120,73T <sup>0,563</sup>	0,7557	55
95	1.39	1,870	75	28	NP	35	35	30	Agrícola	165,26T <sup>0,791</sup>	0,8843	55
97	1.47	1,895	77	22	16	17	46	37	Pasto	109,76T <sup>0,692</sup>	0,8176	42
103	1.68	1,823	92	NL	NP	45	47	8	Agrícola	415,95T <sup>0,958</sup>	0,871	110
104	1.65	1,860	90	NL	NP	34	50	16	Pasto	380,73T <sup>0,971</sup>	0,8405	99
119	1.76	1,945	91	24	NP	20	41	39	Pasto	660,37T <sup>1,038</sup>	0,8885	156
122	1.69	1,84	92	25	NP	24	40	36	Agrícola	417,37T <sup>0,962</sup>	0,8708	109
129	1.62	1,85	88	NL	NP	32	40	28	Agrícola	661,76T <sup>1,034</sup>	0,8836	157
130	1.71	1,927	89	NL	NP	13	56	31	Pasto	123,43T <sup>0,881</sup>	0,824	36
Moda	1.51	1.83	88	-	-	23	41	19	-	-	-	-
M. arit.	1.61	1.86	87	-	-	39	37	24	-	-	-	-
D.pad	0.15	0.06	7.64	-	-	9.80	0.16	0.13	-	-	-	-
CV	93	37	87	-	-	25	45	57	-	-	-	-

Legenda: DAC: Densidade Aparente de Campo; DAM: Densidade Aparente Máxima; Gc: Grau de compactação; LL: Limite de Liquidez; LP: Limite de Plasticidade; NL: Não Líquido; NP: Não Plástico; VIB: Velocidade de Infiltração Básica; AM: Areia Média; AF: Areia Fina; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação.

Quanto às análises granulométricas, estas apresentaram uma grande variação nos valores, notadamente na faixa que se situa entre as peneiras 2.00 - 0.42 mm. Ressalte-se que os valores mais expressivos que compõem a média da faixa → 2.00 mm – foram encontrados nas adjacências dos pontos 122, 129 e 130, locais de vegetação rala. Também a faixa situada entre as peneiras 2.00 e 0.42 mm, classificada como areia média, apresentou números expressivos, acusando tratar-se de solo de textura arenosa.

Na sequência dos experimentos, foram determinados os limites de liquidez e plasticidade. Os resultados mostraram que grande parte das amostras não apresenta liquidez e, muito menos, plasticidade. Esse é um aspecto frequente em áreas de predomínio de Luvisolo, especialmente quando são formados em época de clima seco (Embrapa, 2009).

Das 10 amostras analisadas nessa unidade, 5 revelaram-se não líquidas e outras 3 não plásticas, constituídas por um material mineralizado, com ausência de argila; portanto, o solo é desprovido de coesão (Palmiere; Larach, 1998).

Assim, os índices de liquidez e plasticidade ocorreram em poucas áreas e mesmo assim em níveis modestos. Apenas uma amostra apresentou Índice de Plasticidade. Logo, é possível concluir que a propriedade da consistência é um atributo escasso nessa mancha de Luvisolo.

Em prosseguimento à análise, foram realizadas as infiltrações nas áreas de amostragem correspondentes aos pontos determinados nessa UG, cujos valores de Taxa de Infiltração Média são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8: Taxas de Infiltração Média dos experimentos de infiltração da UG3.

Ponto amostral	86	87	95	97	103	104	119	122	129	130
TIM (mm/h)	93	112	64	107	206	184	279	205	69	281
Uso	Ag.	Pt.	Ag.	Pt.	Ag.	Pt.	Pt.	Ag.	Ag.	Pt.

Legenda: Ag.: agrícola; Pt.: pasto.

Esses valores mostram que, mesmo tratando-se de solo de granulometria aberta, há problemas de absorção de água no solo, sobretudo nas áreas agrícolas, em razão do uso consorciado (agricultura e pastoreio). Como o aproveitamento desses espaços para o pastoreio após a colheita é um costume do local, a área fica com sobrecarga de atividades, o que provoca alterações nas propriedades do solo, como as já relatadas, precipitando vários processos, dos quais a erosão é apenas um deles. Isso explica os valores elevados de densidade aparente de campo, grau de compactação e baixa infiltração.

Por fim, analisaram-se os experimentos de infiltração na área de amostragem correspondente aos pontos 129 e 130. Esta área, próxima à foz do Rio Serra Branca, apresenta solos com pouca plasticidade e grau de compactação elevado, mesmo naqueles espaços destinados à agricultura, pelas razões já mencionadas.

A Tabela 9 apresenta valores inconsistentes quanto à contribuição da vegetação na incorporação de carbono e matéria orgânica ao solo. Vale ressaltar que as amostras, em todas as unidades, foram coletadas no período seco e esse fato também contribui para diminuir drasticamente a matéria orgânica do solo.



Tabela 9: Propriedades químicas do solo da UG3.

UG3	Carbono Orgânico %	Matéria Orgânica %	pH			
86	Área agrícola	0.9	Área agrícola	0.15	Área agrícola	4.92
87	Área pasto	0.4	Área pasto	0.69	Área pasto	5.35
95	Área agrícola	0.33	Área agrícola	0.57	Área agrícola	6.00
97	Área pasto	0.22	Área pasto	0.38	Área pasto	6.75
103	Área agrícola	0.59	Área agrícola	1.02	Área agrícola	7.33
104	Área pasto	0.51	Área pasto	0.88	Área pasto	6.71
119	Área agrícola	0.73	Área agrícola	1.26	Área agrícola	6.03
122	Área pasto	0.63	Área pasto	1.09	Área pasto	7.40
129	Área agrícola	0.32	Área agrícola	0.55	Área agrícola	5.48
130	Área pasto	0.32	Área pasto	0.55	Área pasto	6.11

Pelos baixos valores contidos na Tabela 9, somados às condições de semiaridez, fica patente o grau de propensão à deterioração a que essa área está exposta. Isso é agravado pela estrutura do solo malformado, pouco espesso e com ausência de coesão. Também podem ser constatados diferentes comportamentos de infiltração para solos de mesma classe e com parâmetros similares. De forma geral, os resultados dos experimentos de infiltração, na bacia como um todo, enquadram-se nos níveis encontrados por outros estudos ao serem observados os diversos tipos de solos envolvidos. Valores análogos de infiltração por anéis concêntricos em Neossolo eutrófico, com propriedades físicas similares, foram encontrados por Silva et al. (1999) no Agreste pernambucano. Teixeira (2008), em estudo de caso da bacia do Rio Concórdia, em Santa Catarina, analisando diferentes tipos de solos e vários usos, também encontrou resultados parecidos. Quanto à incorporação de atributos bioquímicos ao solo, diferentemente do constatado neste estudo, Silva, Montenegro e Santos (2012) observaram poucas influências desse fator sobre o comportamento da condutividade hidráulica, ainda que a tenham realizado em solo com características diferentes.

## Conclusões

A divisão da bacia em Unidades Geoambientais permitiu observar características naturais e aspectos antrópicos capazes de influenciar as propriedades físico-químicas do solo e interferir no equilíbrio ambiental da área. Na UG1, o fato se deve à ausência de consistência nos Neossolos e às deficiências na cobertura vegetal. O efeito do pisoteio animal sobre os

Vertissolos afetaram de forma direta a capacidade de infiltração do solo em diversos pontos na UG2, tornando as áreas suscetíveis à erosão por diferentes causas. As atividades consorciadas influenciaram a modificação das propriedades do Luvissoleto, sobretudo na UG3, notadamente quanto à compactação e infiltração. A pobreza da cobertura vegetal decorrente das condições naturais afeta de maneira decisiva a área, sob diversos aspectos, mas, em especial, pela pouca contribuição de matéria orgânica aos solos.

## Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181: Solo. *Análise granulométrica*. Rio de Janeiro, 1982, 13 p.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7180: Solo. *Determinação de limite de plasticidade*. Rio de Janeiro, 1984a, 3 p.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181: Solo. *Análise granulométrica por sedimentação*. Rio de Janeiro, 1984b, 11 p.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7182: Solo. *Ensaio de compactação: solo*. Rio de Janeiro, 1986a, 10 p.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6457: Solo. *Preparação de amostras*. Rio de Janeiro, 1986b, 6 p.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6459: Solo. *Determinação de limite de liquidez*. Rio de Janeiro, 1987a, 6 p.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9813: Solo. *Determinação da massa aparente in situ com emprego de cilindro de cravação*. Rio de Janeiro, 1987b, 5 p.
- ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissoleto em Sumé/PB. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, n. 1, p. 121-128, Viçosa, 2002.
- AMARAL, F. C. S. do. *Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação: enfoque na região semiárida*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 164p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. *Manual de irrigação*. 8. ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2006. 625p.
- DUNNE, T.; WESTERN, D.; DIETRICH, W. E. Effects of cattle trampling on vegetation, infiltration, and erosion in a tropical rangeland. *Journal of Arid Environments*, n. 75, p. 58-69, 2011.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2009. 412p.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos solos. *Revista Anuário do Instituto de Geociências*, v. 19, p. 93-113, 1996.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual Técnico de Pedologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 316p.

KIEHL, E. J. *Manual de edafologia: relações solo-planta*. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1979. 327 p.

KOSTIAKOV, A. N. *On the dynamics of the coefficient of water - percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of ameliation*. Trans. 6th comm. International Society Soil, Sci. Part A., p. 17-21, Moscow, 1932.

LUJAN, D. L. *Soil physical properties affecting soil erosion in tropical soils*. Lecture Facultad de Agronomia, Instituto de Edafologia, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela, 2003. (LNS0418021).

MARCHEZAN, E.; SEGABINAZZI, T.; VZZOTO, V. R. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. *Revista Ciência Rural*, v. 30, n. 6, p. 965-969, Santa Maria/RS, 2000.

MELO, J. A. B. de.; PEREIRA, R. A.; DANTAS NETO, J.; LIMA, E. R. de. Propriedades do solo e propensão à desertificação na Microbacia do Riacho do Tronco, Boa Vista/PB. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 5, n. 2, p. 234-246, 2010.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Orgs.). *Geomorfologia e meio ambiente*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

PARAÍBA, Estado da. Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs). *Mapa de solos do estado da Paraíba*, João Pessoa, 2006.

PEREIRA, R. A. *Fatores determinantes e níveis de propensão à perda de solos e seus efeitos socioeconômicos e ambientais na bacia do Rio Serra Branca/PB*. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – UFCG, Campina Grande/PB, 2012.

PINHEIRO, A.; TEIXEIRA, L. P.; KAUMANN, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo. *Ambi-Água*, v. 4 n. 2, Taubaté, 2009.

RADAMBRASIL. Projeto. *Levantamento de recursos naturais*. Folhas SC 24/25. Jaguaribe/Natal, v. 23. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. CD ROOM, 739p.

RANZANNI, G. *Manual de levantamento de solos*. São Paulo: Edusp, 1965.

SANTOS, C. A. G.; SILVA R. M. da.; SRINIVASAN, V. S. Análise das perdas de solo em diferentes coberturas superficiais no Semiárido paraibano. *Revista Oka-ra: Geografia em debate*, v. 1, n. 1, p. 1-152, João Pessoa/PB, 2007.

SANTOS, J. A. *Obras geotécnicas: compactação, elementos teóricos*. Lisboa, Portugal. IST, 2007.

SILVA, M. T. da; PEREIRA, R. A.; ALCÂNTARA, C. R.; DANTAS NETO, J. Análise intertemporal de parâmetros espectrais da bacia do Rio Serra Branca/PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA: RISCOS CLIMÁTICOS e CENÁRIOS AGRÍCOLAS FUTUROS. 17. *Anais...* Guarapari/ES, 2011.

SILVA, J. R. L. da; MONTENEGRO, A. A. A.; SANTOS, T. E. M. dos. Caracterização física e hidráulica de solos em bacias experimentais do Semiárido brasileiro, sob manejo conservacionista. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 1, p. 27-36, 2012.

SILVA, A. B.; REZENDE, M.; SOUSA, A. R. de; MARGOLI, E. Mobilização do solo, erosão e produtividade de milho e feijão em um Regossolo no Agreste pernambucano. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 2, p. 299-307, 1999.

SOUSA, M. J. N. Compartimentação geoambiental do Ceará. In: BORZACHIELLO, J.; CAVALCANTE, T.; DANTAS, E. (Orgs.). *Ceará: um novo olhar geográfico*. 1. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, v. 1, 2005. p. 127-140.

SOUSA, S. M. S. das C. *Relações entre vegetação, relevo, fertilidade do solo e matéria orgânica em bacia hidrográfica de região semiárida*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UFPB, Areia/PB, 2006.

SRTM. Schuler Radar Thematic Mision. National Aeronautics and Space Administration (NASA). United States Geological Survey (USGS), 2000. Disponível em: <<http://seamless.usgs.gov/website/seamless/viewer.php>>. Acesso em: 28 jun. 2012.

TEIXEIRA, L. P. *Caracterização hidrológica dos solos da bacia experimental do Ribeirão Concórdia*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – URB, Blumenau/SC, 2008.

TUNDISI, J. G. A bacia hidrográfica como laboratório experimental. In: SCHIEL, D. et al. *O estudo de bacias hidrográficas: uma estratégia para a educação ambiental*. 2. ed. São Carlos: Rima, 2003. p. 3-8.

---

Ronildo Alcântara Pereira - Possui Graduação em Geografia pela Universidade Estadual da Paraíba, Pós-Graduação *Latu Sensu* em Economia pela Universidade Federal de Campina Grande, Mestrado e Doutorado em Recursos Naturais pela mesma Instituição. Atualmente é técnico em Geologia na Universidade Federal de Campina Grande.

---

José Dantas Neto - Possui Graduação em Agronomia e em Direito pela Universidade Federal da Paraíba, Mestrado em Engenharia Agrícola pela mesma Universidade e Doutorado em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Atualmente é professor da Universidade Federal de Campina Grande.

---

Recebido para publicação em 11 de novembro de 2013

Aceito para publicação em 17 de janeiro de 2014