

Geoestatística e Modelo Numérico de Terreno em Ciências do Solo: estudo de caso na Chapada do Apodi - Ceará

Daniel Pontes de Oliveira¹
Tiago Osório Ferreira¹
Marcus Vinicius Chagas da Silva¹
Caiena Emanuelle Evangelista Bezerra¹
Ricardo Espindola Romero¹

¹Universidade Federal do Ceará – UFC/DCS
Caixa Postal 12.168 – 60021-970 – Fortaleza - Ce, Brasil
daniel_pontes78@hotmail.com
tiago@ufc.br
marcus.silva@ufc.br
caienaemanuelle@hotmail.com
reromero@ufc.br

Abstract. The Plateau of Apodi, located in the northeastern state of Ceara, offers high agricultural potential and is of great economic importance for the region as one of the main centers of irrigated orchards. The geostatistics has been widely used as a tool for the study in the area of Soil Science, enabling observe the spatial variations of soil attributes associated with the relief. This study aimed to evaluate the use of an NTM and geostatistics to aid in the interpretation of results obtained through analysis of three areas of the landscape (concave, convex and straight). For this was generated with a regular grid of 200 m apart points on the line and 100 m between lines. We collected 137 samples in an area of 102 ha in the depths of 0,0-0,20, 0,20 - 0,40 and 0,40-0,60 m, assessing the following attributes: sand, silt, clay, gravel, Calcium, Potassium, Magnesium, Sodium, cation exchange capacity (CEC), potential acidity (H + Al), Sum of bases (SB) and base saturation (V%). S well-established effective depth of the soil through tradagens. This way, it appears that the use of NTM and the applicability of geostatistics showed close relationship between the variability of smallrelief and physical attributes, chemical and morphological soil.

Palavras-chave: soil attributes, smallrelief, Soil Science, areas of the landscape, atributos do solo, microrelevo, ciência do solo, superfície da paisagem.

1. Introdução

Desde o início do século XX as variações dos atributos do solo vêm sendo alvos de várias pesquisas e, até meados do século passado os métodos de analisar estas variações baseavam-se unicamente na estatística. Com a inserção dos conceitos de variabilidade espacial, a geoestatística surgiu e se fundamentou como um ramo da estatística especializada em analisar atributos espaciais (Câmara e Medeiros, 1998).

Com o desenvolvimento de técnicas de modelagem de superfície de terreno, os Modelos Numéricos de Terreno, ofereceu grande *input* de informações para as Ciências do Solo, agora sendo possível determinar as variações dos atributos físico-químicos do solo por meio da geoestatística e associá-los as oscilações topográficas de uma área qualquer.

A Chapada do Apodi, no estado do Ceará, representa um ambiente de exceção em meio a região semi-árida circunjacente. Apresentando um alto potencial agrícola devido a ocorrência de relevo suave ondulado a plano e proximidade com rios perenes.

Contudo, apesar de seu elevado potencial agrícola há uma carência de estudos pedológicos condizentes com nível de investimentos realizados, no que se refere à caracterização de química, física e mineralógica, uma vez que a região conta apenas com um

levantamento em nível exploratório-reconhecimento na escala de 1:800.000 (Jacomine et al.,1971).

Estudos recentes indicam que a Chapada é coberta por Cambissolos, com características físicas, químicas e mineralógicas bem distintas o que implica em manejos diferenciados (Alencar, 2002; Mota 2004; Andrade et al 2004). Lemos et al. (1997), estudando perfis de solos distantes algumas dezenas de metros na Chapada, encontraram solos com propriedades extremamente contrastantes (Cambissolos eutróficos e Cambissolos vérticos) associados na paisagem, mesmo em locais onde a ação do relevo se mostrava pouco expressiva.

Tendo em vista que a área foi submetida aos mesmos fatores de formação do solo (rocha matriz, clima, tempo, organismos), existe uma hipótese de que essas variações podem estar associadas ao microrelevo e aos fluxos diferenciados de água (horizontais, verticais, superficiais e subsuperficiais).

Neste contexto o trabalho apresenta a relação das superfícies do relevo espacializadas em um MNT, com os atributos físico-químicos dos solos de parte da Chapada do Apodi, estado do Ceará.

2. Material e Métodos

A região de estudo compreende especificamente o Distrito irrigado Jaguaribe-Apodi (DIJA), estando inserida na parte baixa da bacia do rio Jaguaribe. O DIJA está localizado no município de Limoeiro do Norte entre as coordenadas 5°20' de latitude sul e 38° 5' de longitude oeste, no estado do Ceará. O Clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo BSw'h', caracterizado por ser muito quente e semi-árido (Figura 1). A média pluviométrica da região está por volta de 750 mm por ano. As principais formações geológicas encontradas na região são: a Formação Açú, Formação Jandaíra e Embasamento cristalino (Lucena et al., 2007).



Figura 1. Localização da área estudada.

O MNT da área foi gerado baseado em uma grade regular dentro do software de geoprocessamento Spring 4.3. Os pontos amostrais foram coletados em campo com precisão submétrica, apresentando um erro estimado para a planimetria de 2cm e para a altimetria de 4cm.

A grade que embasou a geração do MNT foi configurada em linhas e colunas. Os pontos foram alocados a cada 200 metros na linha e a distancia entre linhas foi de 100 metros. Gerou-se uma grade com células de 4m², as curvas de nível foram interpoladas a uma equidistância de 5cm e a diferença altimétrica encontrada entre o ponto mais alto e o mais baixo da área não ultrapassou 4,2 metros, com isso foi possível a execução de uma grade do tipo retangular regular (Figura 3).

Para a aplicação do método geoestatístico foram consideradas duas variáveis. A primeira foi a densidade de amostras, na qual a área estudada obteve uma amostra para cada 1,75ha, e a segunda foi a extensão da área (102 ha) com sua homogeneidade (grande parte plana). A partir deste ponto foi escolhido, primeiro, a área abrangência do método que com as

características descritas acima foi de efeito local, e segundo, o método de interpolação que foi o inverso do quadrado da distância em virtude do tipo de interpolador ser o mais adequado as características morfométricas da área estudada.

Para a realização dos estudos físicos e químicos dos 58 pontos amostrais, foram coletadas amostras nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm que totalizaram 137 amostras. Determinou-se a profundidade efetiva dos solos através de tradagens. A classe de profundidade foi determinada de acordo com Embrapa (2006). As análises físicas e químicas foram realizadas no Departamento de Ciências do solo da UFC em Fortaleza-Ce. A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, empregando o NaOH N como dispersante químico e agitação mecânica em baixa rotação por 12 horas, seguindo o método proposto pela Embrapa (1997). O teor de cascalho também foi determinado de acordo com Embrapa (1997). O complexo sortivo, V% e H + Al foram determinados segundo o método proposto por Embrapa (1997).

3. Resultados e Discussão

Conforme a compartimentação do relevo de acordo com a figura 2, a área foi subdividida em três superfícies distintas: côncava, convexa e retilínea. Segundo Torrado et. al, (2005), o formato da superfície influencia a dinâmica dos fluxos hídricos (superficiais e subsuperficiais), conferindo aos solos características químicas e físicas diferenciadas. Em superfícies côncavas, os fluxos de água são convergentes, o que proporciona uma maior infiltração de água no perfil ocasionando um maior intemperismo. Em superfícies convexas os fluxos são divergentes, gerando uma baixa infiltração, portanto uma menor taxa de intemperismo. De acordo com os dados topográficos da área em estudo, pôde-se constatar que 97% da área apresentou relevo plano (declividade de 0-3%) e 3 % como sendo suave-ondulado (declividade de 3-8%).

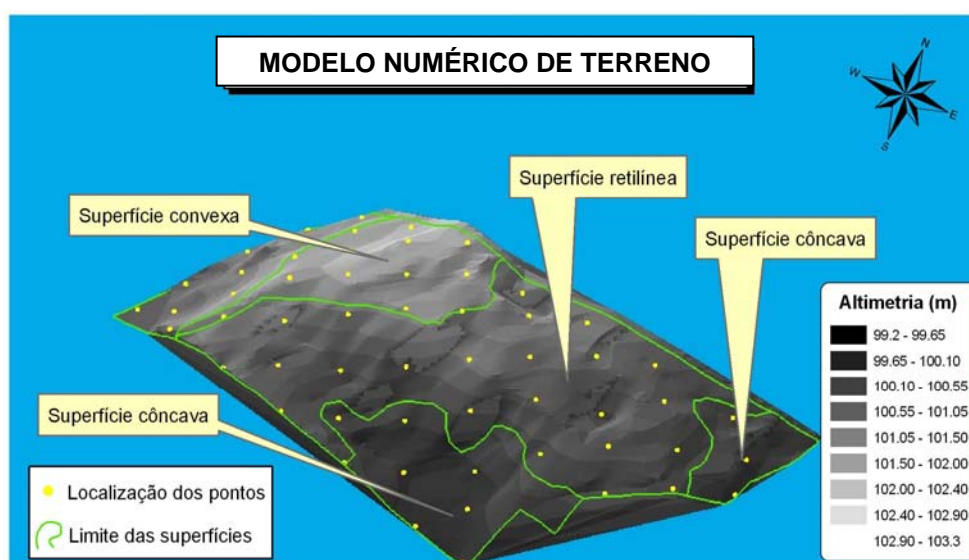


Figura 2. Modelo numérico do terreno, com a separação das diferentes superfícies.

Com relação à profundidade dos solos, de acordo com a Figura 3, observa-se que os mesmos apresentam uma profundidade média de 59,45 cm, e conforme Embrapa (2006), os solos da área enquadram-se na classe pouco profundos. Em alguns pontos, a coleta de amostra não foi possível em função da presença de afloramentos de rocha, enquadrando estes solos como Neossolos litólicos. Segundo Sobrinho (1979), a presença de afloramentos de rochas e Litossolos são comuns na região. A maior profundidade foi encontrada a 95 cm da superfície

do solo, situado na superfície côncava. De um modo geral os solos com profundidade inferior a 50 cm, situaram-se na superfície convexa, e os com profundidade superior, situaram-se na superfície côncava. Sendo assim, a dinâmica da água no solo associada com o tipo de superfície, está formando solos pouco desenvolvidos nas superfícies convexas e mais desenvolvidos nas superfícies côncavas.

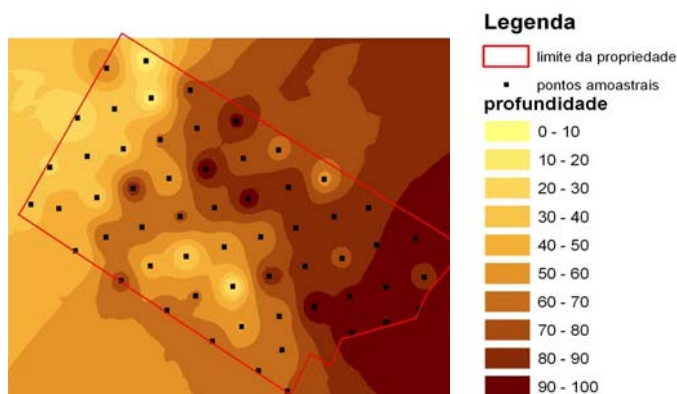


Figura 3. Mapa de profundidade da área e classes de profundidades.

Quanto à composição granulométrica de acordo com a Figura 4, os resultados mostram que os teores de areia foram decrescentes da superfície convexa para a superfície côncava. Em contrapartida, os teores de silte mostraram uma tendência contrária, onde as maiores concentrações, localizaram-se na superfície côncava. A concentração média de argila de acordo com a Figura 5 teve comportamento semelhante ao de silte. Isto ressalta a influência do microrelevo na dinâmica das partículas do solo, visto que, o movimento de soluções superficiais e subsuperficiais são influenciados pela forma do relevo.

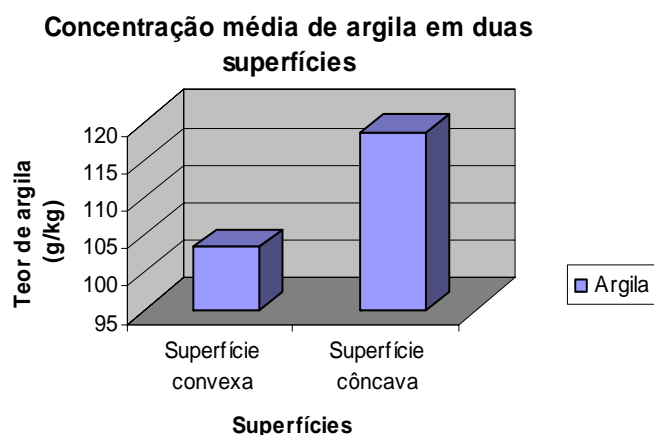


Figura 5. Distribuição dos teores médios de argila em (g/kg) em diferentes superfícies

Na área foram observadas concreções ferruginosas distribuídas de forma bem homogênea por toda a área. A natureza dessas concreções, não se relaciona com as condições de clima atual. Segundo Sobrinho (1979), a presença de material ferruginoso, entre outras características, atestam à influência da falta de oxigênio, pelo excesso de água.

Os atributos, soma de bases (SB), saturação por bases (V%), Ca, Mg, K, Na, H +AL e T (capacidade de troca de cátions), encontram-se na Tabela 1. Observa-se, que os dados informam uma grande variabilidade nos atributos nas três superfícies analisadas (côncava, convexa e retilínea). Este fato também está associado a influência do microrelevo, que

apresenta mais de 90% do seu relevo plano, o que está condicionado para os atributos químicos condições similares de intemperismo.

No entanto, se analisarmos as regiões, côncava e retilínea, nota-se que as maiores variações ocorreram principalmente nessas duas áreas. Essas variações em superfícies côncavas também foram observadas por Torrado et al, (2005) e Souza et al, (2006).

Tabela 1 – Concentração média dos teores de Ca, Mg, Na, K, SB, H+Al e V%

Atributos	Superfície	Média	DP	Variância	CV	CV%
Ca (Cmolc/kg)	Convexa	13,21	3,97	15,77	0,30	30,06
	Retilínea	15,59	5,78	33,42	0,37	37,07
	Côncava	17,09	5,26	27,70	0,31	30,79
Mg (Cmolc/kg)	Convexa	5,12	1,28	1,64	0,25	25,04
	Retilínea	5,02	1,74	3,03	0,35	34,65
	Côncava	5,22	2,18	4,77	0,42	41,89
Na (Cmolc/kg)	Convexa	0,07	0,06	0,00	0,85	85,19
	Retilínea	0,09	0,09	0,01	0,96	95,85
	Côncava	0,19	0,15	0,02	0,81	80,78
K (Cmolc/Kg)	Convexa	1,15	0,58	0,33	0,50	49,98
	Retilínea	1,06	0,57	0,32	0,53	53,42
	Côncava	1,00	0,63	0,39	0,63	62,71
SB (Cmolc/kg)	Convexa	19,51	4,25	18,02	0,22	21,76
	Retilínea	21,77	5,79	33,56	0,27	26,61
	Côncava	23,50	5,80	33,62	0,25	24,67
T (Cmolc/kg)	Convexa	20,06	3,50	12,22	0,17	17,42
	Retilínea	21,88	5,75	33,10	0,26	26,30
	Côncava	24,31	5,07	25,67	0,21	20,84
H+AL(Cmolc/kg)	Convexa	1,44	0,76	0,58	0,53	52,94
	Retilínea	1,00	0,98	0,95	0,98	98,04
	Côncava	2,11	0,46	0,21	0,22	21,94
V (%)	Convexa	95,28	5,08	25,81	0,05	5,33
	Retilínea	99,44	0,83	0,69	0,01	0,84
	Côncava	93,92	4,28	18,34	0,05	4,56

Legenda: DP= Desvio Padrão; CV = Coeficiente de variância

Com relação à saturação por bases, observa-se por meio da espacialização dos dados através da geoestatística na Figura 6, que há uma distribuição uniforme em toda área de estudo. A uniformidade dos valores está relacionada à influência de um só material de origem na área.

A alta concentração de V%, está associada ao fato do material de origem, calcário jandaíra, proporcionar altas concentrações de Ca²⁺ e Mg²⁺. Essas altas concentrações de cálcio e magnésio, também foram observadas por Araújo e Oliveira (2003), estudando Cambissolos e Vertissolos derivados do calcário.

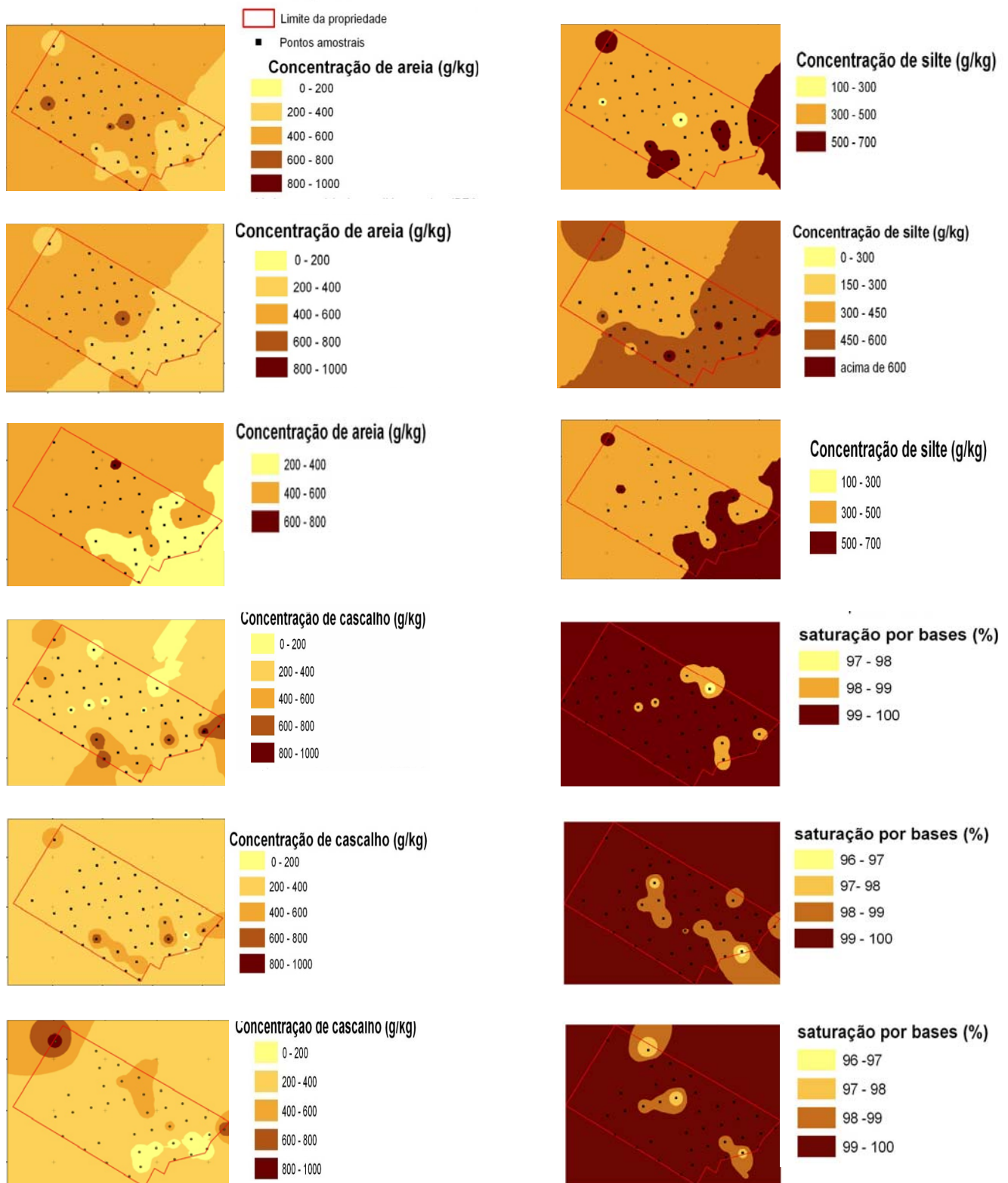


Figura 4. Distribuição das concentrações de areia, silte e cascalho em diferentes profundidades.

4. Conclusões

A utilização do MNT e a aplicabilidade da geoestatística evidenciou a estreita relação entre a variabilidade do microrelevo e os atributos físicos, químicos e morfológicos do solo. A dinâmica da água associada ao relevo, favoreceu a presença de solos rasos na superfície convexa e pouco profundos na superfície côncava. Quanto à proporção granulométrica, os

fluxos de água associados as diferentes superfícies condicionaram concentrações distintas de areia, silte e argila em toda área.

5.Referências Bibliográficas

- Alencar, E.L.L de. **Química e Mineralogia de Três Pedons Originários de Calcário da Chapada do Apodi-CE**, 2002, 65 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2003.
- Andrade, E.M. de; D'Almeida,D.M.B.A.; Meireles,A.C.M. Lemos Filho, L.C. de A.; Arruda, F.E.R.Evolução da concentração iônica da solução do solo em área irrigadas da Chapada do Apodi - CE.**Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.35, n1, p.9-16,2004.
- Araújo, P.M.D.B.; Oliveira, M de. Variabilidade Espacial de Cálcio, Magnésio, Fósforo e Potássio em Solos das Regiões Oeste de do Baixo Açu, Estado do Rio Grande do Norte, **Caatinga**, Mossoró, v. 16 (1/2), p 69-78, 2003.
- Câmara , G.; Medeiros, J.S de. Geoprocessamento para Projetos Ambientais, São José dos Campos, 2 ed, 1998
- Embrapa, C. N. P. S. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro 2.ed., 1997. 212p.
- Embrapa. **Sistema Brasileiro de Classificação do Solo**. Rio de Janeiro 2 ed, 2007. 306p.
- Jacomine, P.K.T.; Silva, F.B.R. e ; Formiga, R.A.; Almeida, J.C.; Beltrão, V. de A.;Pessoa, S.C.P.; Ferreira, R.C. **Levantamento Exploratório – Reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte**, Recife: DPP/DA. Convênio MA/DNPEA/SUDENE/RN, MA/CONTAP/USAID BRASIL,1971. 531p. (Boletim técnico n °21).
- Lemos, M. S. S. ; Curi, N. ; Marques, J. J. G de S ; Sobrinho, F. E. Evaluation of characteristics of Cambisols derived from limestone in low tablelands in northeastern Brazil: implications for management. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 8, p. 825-834, 1997.
- Lucena, A.E de F.L.; Rodrigues, J..K.G.; Ferreira H.C.; Lucena, L.C de F.L.; Lucena, L de F.L. Caracterização térmica de resíduos de perfuração “Onshore”. 4 PDPETRO, 2007. Campinas, Artigo, p 1- 8. Disponível em: <http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/4/resumos/4PDPETRO_6_2_0015-1.pdf>. Acessado em : 10 nov.2008.
- Mota, J.C.A. **Caracterização física, química e mineralógica, como suporte para o manejo dos principais solos explorados com a cultura do melão na Chapada do Apodi-RN**, 2004, 96p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2004.
- Sobrinho, F.E. **Caracterização, Gênese e Interpretação para Uso de solos derivados de Calcário da Região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte**, 1980, 133 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 1980.
- Souza, Z.M de .; Júnior, J. M.; Pereira, G.T.; Barbieri, D.M. Small Rilief Shape Variations Influence Spatial Variability of Soil Chemical Attributes. **Science Agricola**, Piracicaba, v. 63m n 2, p.161-168, 2006.
- Vidal-Torrado, P. ; Lepsch, I .F. ; Castro, S. S. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. In: Pablo Vidal-Torrado; Luis Reynaldo Ferraciú Alleoni; Miguel Cooper; Alvaro Pires da Silva; Elke Jurandy Cardoso; Luis Ignacio Prochnow. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005, v. IV, p. 145-192.