



## Detalhamento de mapeamento de solos em ambientes semiáridos

---

Diego Côrte de Oliveira  
*Universidade Federal da Paraíba*

Jonas Praça de Souza  
*Universidade Federal da Paraíba*

### Resumo

Para sanar a crescente necessidade de dados para análise de estudos de modelos de escoamento superficial e/ou erosão dos solos, mais especificamente no semiárido nordestino, o seguinte trabalho busca um detalhamento no mapeamento das classes de solos na bacia hidrográfica Riacho Grande no estado de Pernambuco, afim de melhorar a precisão dos dados pedológicos para futuros trabalhos de modelagem. Para isso utilizará o mapeamento digital dos solos embasado na análise solo-relevo, também chamada de catena, o trabalho seguinte utilizará especificamente das catenas para ambientes semiáridos do nordeste brasileiro, que levam em consideração atributos topográficos como a declividade e distância da rede de drenagem para espacializar as classes de solos de acordo com as especificações de cada classe. De modo que o objetivo do trabalho é o detalhamento das classes de solos contidas nas associações do mapeamento básico, na intenção de aumentar a precisão do mapeamento e o tornando mais adequado para a modelagens de cunho hidrológico e geomorfológico supracitadas. A metodologia deste trabalho busca espacializar as classes das associações, a partir dos atributos topográficos no mapeamento digital, a qual se mostrou bem sucedida com resultados positivos e mudança considerável na cobertura dos solos no recorte da bacia hidrográfica, com a sobrevalorização de 27,94% dos Neossolos Litólicos e em contrapartida uma

subvalorização de 22,19% do Luvisolos Crômicos como exemplos mais exprecivos.

**Palavras-chave:** Mapeamento de solos.Catena.Semiárido.

## Detailing of mapping of soils in dry lands

---

### **Abstract**

To address the growing need for data to analyze studies of runoff models and soil erosion, more specifically in the semiarid northeastern region, the following work seeks for a detailed mapping of soil classes in Riacho Grande ( big Creek ) watershed in the state of Pernambuco, in order to improve the accuracy of pedagogical data for future modeling work. For this will use the digital mapping of soil based on the soil-relief analysis, also called catena, the following work will specifically use Catenas for semiarid environments of the Brazilian northeast, Which take into account topographic attributes such as the slope and distance of the drainage network to spatialize the soil classes according to the specifications of each class. So that the purpose of the work is to detail the soil classes contained in the associations of the basic mapping, with the intention of increasing the precision of the mapping and making it more suitable for Hydrological and geomorphological modeling. The methodology of this work, which seeks to spatialize the classes of associations from the topographic attributes in the digital mapping, proved to be successful with positive results and a considerable change in soil cover in the watershed,with the overvaluation of 27,94% Entisols Lithic of one hand and underestimation of 22.19% of chromic Luvisols as more exprecivos examples.

**Keywords:** Mapping Digital of soils. Catena. Drylands.

### **INTRODUÇÃO**

Com aproximadamente 11% do território nacional (BRASIL, 2005) o Semiárido brasileiro é uma área que deve ser tratada com atenção, pois a maior parte dessas áreas sofre com o *déficit* hídrico para a produção agropecuária e até mesmo a sobrevivência humana. Desse modo, todos os levantamentos de dados que possam sanar a falta de dados específicos e/ou melhorar o nível de detalhamento existentes são de extrema importância, subsidiando uma melhor qualidade de planejamento e produção para a sociedade que utiliza esses espaços

e/ou como para futuras produções acadêmicas sobre tudo, no semiárido. De forma que o ambiente semiárido tem dificuldades de uso e ocupação do território, sendo um fator de grande importância para melhor planejar o território: a produção de conhecimento mais especializado para garantir o desenvolvimento mais integral, fortalecendo o verdadeiro papel do conhecimento.

Para tal, a abordagem da geografia de forma sistêmica, possibilita um entendimento mais complexo e integrado da paisagem, útil não apenas para os estudos integrativos, mas também sendo a base de estudos sobre elementos ambientais específicos.

A especificidade deste artigo é sobre o mapeamento de solos na bacia hidrográfica Riacho Grande, sertão pernambucano. Sendo os levantamentos de solos dos estados do nordeste brasileiro feitos pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), a mesma responsável também pelo mapeamento do Brasil por inteiro na escala de 1:5.000.000. O estado de Pernambuco possui um mapeamento de solos na escala de 1:100.000, escala essa que não é comum para os outros estados do Nordeste que variam de 1:250.000 a 1:1.000.000, sendo ele o estado com a maior escala dentre os estados no Nordeste. Mesmo sendo o estado com maior escala de mapeamento de solos do Nordeste, ainda assim existe uma necessidade para o detalhamento do mapa a partir das unidades de solos, na intenção de melhorar os dados para o uso, por exemplo, em modelagens hidrológicas, sedimentológicas e/ou erosivas em trabalhos futuros, direcionados para escoamento superficial e erosão dos solos, especificamente do semiárido na promessa de compreender a paisagem de forma integrativa com uma abordagem sistêmica. Percebendo as variações dentro da paisagem, de acordo com as interações dos fatores e elementos.

A dinâmica da formação dos solos é regida pela interação de vários fatores como clima, organismos, relevo, material de origem e tempo (VITAL-TORRADO et al., 2005) e elementos do ambiente, estes fatores e elementos são responsáveis pelo desenvolvimento, espacialização e atribuição de características

específicas ao solo de cada ambiente. Desde o clima e a forte influência do ciclo hidrológico, relevo o qual esse trabalho busca enfatizar como fator de importância primária, o material de origem sendo a geologia de cada ambiente determinante para formações de solos específicos, de forma que a dinâmica de relação destes fatores é que regem a pedogênese.

Estes comportamentos determinados por fatores singulares de cada ambiente. No caso do semiárido, encontramos solos poucos espessos, resultado de um saldo denudacional que favorece a erosão sobre os pedogênese; pela influência da baixa média pluviométrica, estação chuvosa concentrada e elevada temperatura durante o ano (CORRÊA, SOUZA e CAVALCANTI, 2014). A erosão predominante nas áreas semiáridas é a erosão laminar (GRAF, 1988). Sendo as chuvas mais concentradas nos meses de fevereiro e maio de forma heterogênea, podendo ocorrer a precipitação, em questão de minutos a dias, o esperado para um mês (SOUZA, 2009).

Considerando o tempo como uma variável independente, já as outras como variáveis dependentes; os solos tendem a ser iguais onde os fatores de formação de pedogênese forem semelhantes, ou seja, onde as condições de clima, material de origem, relevo, biota e tempo forem parecidas em ambientes diferentes, os solos normalmente são os mesmos (EMBRAPA 2013). De forma que as mudanças de fatores e elementos na paisagem regem a distribuição dos solos, sendo a influência do relevo um dos fatores principais na distribuição e organização dos locais de solos (MILNE, 1936). Assim, começa os estudos da relação solos-paisagem no mundo e evolui contemporaneamente para o uso de modelos digitais como, por exemplo, no trabalho de Souza (2013) com o título de: “Catenas e detalhamento expedito dos solos da bacia do Riacho do Saco – Serra Talhada/Pernambuco”, que analisa a relação solos-relevo entre as catenas para ambientes semiáridos do nordeste brasileiro, para que a partir do processamento de dados topográficos e a presença de água espacializar os solos da bacia Riacho do Saco entre os municípios de Santa Cruz da Baixa Verde e de Serra Talhada, sertão do estado de Pernambuco.

Assim vemos que a paisagem controla a distribuição da água e de sedimentos e, conseqüentemente, na distribuição dos elementos químicos e os horizontes dos solos, com a relação solo-paisagem como princípio básico para levantamento pedológico (CAMPOS, 2012). Na escala local, o relevo se apresenta como elemento controlador das variações de solo em uma mesma encosta, sendo o foco do presente trabalho analisar essa relação. Pois o relevo varia lateralmente, resultado da variação da declividade, esta variação afeta o micro clima da área e também a formação dos solos, tendo o relevo e a vegetação como fatores principais na variação lateral dos solos (BIRKELAND, 1974).

Para analisar a variação lateral dos solos utilizar-se-á o termo *catena*, formulado por Milne em 1935, na sua obra: *Some suggested units for classification and mapping, particularly for East African Soils: Soil Res* (Milne 1935). De forma a abrir caminho para a conceituação da toposequência por Yaalon em 1975 analisando as toposfunções e como elas originam solos diferentes em áreas distintas, na obra *Conceptual models in pedogenesis: Can the soil-forming functions be solved?*, que analisa a variação lateral dos solos (pedologia) pela relação da geomorfologia com a declividade do mesmo, de forma que as análises são denominadas de topossequência (BIRKELAND, 1984). Para o autor, as catenas se dividem em: catenas em zonas árticas e alpinas, sobre condições úmidas e catenas em climas secos. Sendo as catenas em climas secos que o trabalho retratará. No caso dessa pesquisa, a análise da relação entre solo/relevo será baseada em catenas, construídas para ambientes semiáridos do nordeste brasileiro (CORRÊA et al., 2014), as quais levam em conta as associações de relevo e de litologia para discutir a distribuição dos solos na região. Buscando detalhar a distribuição dos solos, tendo como base as associações que são representadas no mapa de solos, a partir das Unidades de Solo. Ao mesmo tempo, é necessário levar em consideração como a relação relevo/solos se comporta para as catenas do semiárido; tendo como classes de solos básicas: Neossolos (Litólicos, flúvicos e Regolíticos), Luvisolos, Planossolos e vertissos ainda podendo encontrar os latossolos e Argissolos, esses dois últimos não estão diretamente relacionado ao clima vigente na área. (CORRÊA, SOUZA e CAVALCANTI, 2014).

Partindo especificamente para classificação dos solos, que busca identificar unidades de solos em determinada área, de forma a mostrar a distribuição espacial das características e composição dos solos, evidenciando também, propriedades do ambiente em sistema de classificação taxonômica das propriedades dos solos (IBGE, 2007). Para que com os resultados se infiram as potencialidades técnicas e de planejamento da área levantada, desde projetos a estudos ambientais, desse modo sendo de fundamental importância para avaliação de equilíbrio dinâmico do ambiente. No caso deste trabalho, o mapeamento será baseado nos atributos topográficos do ambiente como, por exemplo: a declividade e a influência/distância da rede de drenagem, esses atributos viabilizados por MDEs (Modelos Digitais de Elevação) e o processamento digital do mesmo (SOUZA, 2013).

O levantamento pedológico tradicional busca esquadrihar as classes de solos de um recorte espacial dentro de um sistema taxonômico válido, que diferenciam as classes para melhores conclusões do comportamento dos solos para aplicação no planejamento do uso e ocupação do recorte espacial (EMBRAPA, 2003). Todavia, por necessitar de análise laboratorial e de campo, acaba tornando o método tradicional muito custoso (MCBRATNEY et al., 2000). Com a crescente necessidade de um maior detalhamento do mapeamento das associações dos solos, faz-se necessário também melhorar a capacidade de estruturação da obtenção dos dados para concretizá-lo de forma mais rápida e menos custosa do que o mapeamento tradicional. Para isso, será utilizado de alguns modelos de mapeamento digital, que nada mais é que o mapeamento feito no computador com o uso de modelos matemáticos e estatísticos das imagens de satélite e as informações dos solos contidos no recorte a ser estudado (DOBOS et al., 2006).

A partir disso se analisará todo o mapeamento tendo como base as catenas típicas no ambiente semiárido definidas no livro Degradação dos Solos do Brasil no capítulo 4: Solos Do Ambiente Semiárido Brasileiro: Erosão E Degradação A Partir De Uma Perspectiva Geomorfológica, sendo elas: catenas com inselbergs comuns em terrenos cristalinos e granitóides com ângulos de até 10 graus de

encosta controlados pela superfície basal de intemperismo, normalmente encontrado entre o pedimento e maciços residuais; e catenas com inselbergs e pedimentos que ocorrem onde os maciços residuais não são comuns, em relevo suavemente ondulado, nas áreas com drenagem deficiente habitual no regime semiárido, dando origem normalmente a Planossolos e Luvisolos; Por fim encontradas em planaltos sedimentares, dois tipos de catenas: front de cuesta e reverso da cuesta, sobre essas estruturas homoclinais predominam os Neossolos, especialmente a subordem dos quartzarenicos.

Este trabalho busca ampliar o detalhamento das associações de solos da bacia hidrográfica Riacho Grande – PE, usando do processamento digital para detalhar as associações de solos presentes no recorte da bacia, baseado nas catenas, ou seja, a análise da relação solo-relevo. Fazendo uso do mapeamento de solos feito pela EMBRAPA na escala de 1:100.000 sem nenhum detalhamento das associações de solo, desse modo se faz necessário o detalhamento das unidades no mapeamento, conseqüentemente, a precisão por meio do mapeamento digital.

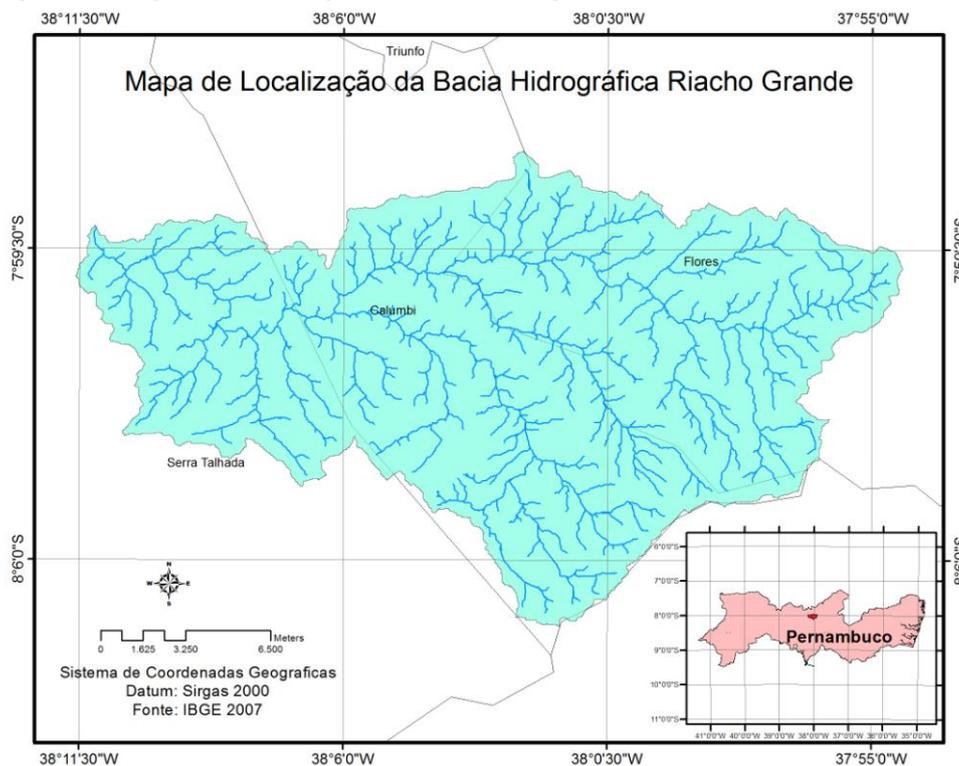
## **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA**

A localização da área de estudo deste trabalho: Bacia hidrografia Riacho Grande, no semiárido pernambucano, na microrregião do Pajeú, entre as cidades de Serra Talhada, Calumbi e Flores com 316 km<sup>2</sup> de extensão (ALMEIDA et al., 2016) visto na Figura 1. Com o clima Tropical semiárido, temperaturas continuamente altas entre 25º a 29ºC e precipitações médias anuais entre 450 a 700 mm. Estabelecida no domínio hidrológico do Rio Pajeú, de regime efêmero, tem o uso e ocupação do recorte da bacia basicamente pela produção agropecuária, principalmente para subsistência, com o desenvolvimento dessas atividades baseado nas perfurações de poços rasos e instalação de pequenas barragens (ALMEIDA, 2017).

A bacia Riacho Grande está geologicamente dentro da Província Borborema, tem suas unidades, todas vistas na Figura 3 a) Complexo São Caetano (Mesoproterozóico), b) Complexo Floresta (Paleoproterozóico), c) Suíte granítica

migmatítica peraluminosa Recanto/Riacho do Forno, d) Suíte calcialcalina de médio a alto potássio do tipo Itaporanga; e) Suíte intrusiva shoshonítica peralcalina Terra Nova; f) Suíte intrusiva Prata, suíte granítica subalcalina e alcalina; g) Formação Tacaratu, do siluro-devoniano;; h) depósitos colúvio-eluviais cenozoicos (CPRM, 2005a; CPRM, 2005b; CPRM, 2005c apud. ALMEIDA, 2017). Visto na Figura 3.

**Figura 1 Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica Riacho Grande – PE**



A bacia hidrográfica pertence a unidade de paisagem Depressão Interplanáltica do Pajeú e Horst de Mirandiba (ALMEIDA, 2017), sendo a unidade da depressão um comportamento rebaixado do Planalto da Borborema. A Depressão Interplanáltica do Pajeú pode ser definida por uma depressão alongada para nordeste SW sugerindo basculamento de bloco (CORRÊA et al., 2010) e o Horst Mirandiba como remanescente sedimentar constituídos por arenitos siluro-devonianos da formação Tacaratu –Bacia de Fátima estruturado sobre o Dominio da Zona Transversal, incluído na Província Borborema(ALMEIDA, 2017).

As morfoestruturas presentes no mapa geomorfológico são: plano aluvial localizado na foz da bacia, com as menores declividades do recorte. São áreas de acúmulo de sedimento aluviais originários de extravasamento de fluxo no canal (FRYIRS & BRIERLEY, 2013 apud. ALMEIDA 2017), normalmente corresponde a espacialização dos Neossolos Quartzarênico. Pedimento dissecado é a unidade predominante na área da bacia, com relevo rapidamente plano, correspondendo normalmente aos Neossolos Litólicos e Planossolos Háplicos. Os maciços residuais em crista constituído de horblenda, quartzo-monzonito, granito fino a porfirítico da Suíte intrusiva shoshonítica peralcalina Terra Nova, ocorrem na porção inferior da bacia, acompanhando o lineamento NE-SW e a ZC Afogados da Ingazeira (ALMEIDA, 2017), correspondendo as classes de solos Luvisolo Crômico e Planossolo Háptico. E por fim, o Planalto sedimentar em estrutura homoclinal, este incluso na unidade de paisagem do Horst de Mirandiba, na superfície da Formação Tacaratu/Bacia de Fátima, caracterizada litologicamente por uma sequência de sedimentos predominantemente arenosos, destacando-se os arenitos grosseiros a conglomeráticos (CPRM, 2000; CPRM, 2001), sendo fonte de produção de sedimentos, corresponde espacialmente as classes de solos: Neossolos Litólicos e Argissolos Vermelho-Amarelo.

Pedologicamente o recorte da bacia Riacho Grande, cujo mapa será apresentado nos resultados, detém as seguintes associações de solos: Argissolos, Neossolos, Luvisolos e Planossolos. Mais especificamente tratando das classes dominantes das associações temos: **Argissolos Vermelho-Amarelo** que são: solos bem drenados, pouco profundos (às vezes rasos apresentando textura com e sem cascalho ou cascalhenta), **Neossolos Flúvico**, solos minerais não hidromórficos, pouco evoluídos, formados por sobreposição de camadas de sedimentos aluviais recentes sem relações pedogenéticas entre os estratos. **Neossolos Litólicos** Esta classe compreende solos minerais, tipicamente rasos (menos de 50 cm de profundidade), pedogeneticamente pouco evoluídos. **Neossolos Quartzarênico** São solos minerais, essencialmente arenoquartzosos, normalmente são solos profundos a muito profundos. **Neossolos Regolítico** constituída por solos com textura arenosa ou média com baixos teores de argila, normalmente entre 5 e

12%, e teores de silte mais freqüentes entre 10 e 20% (BURGOS & CAVALCANTI, 1990), sendo pequena a variação do conteúdo de argila ao longo do perfil. Quando arenosos, eles apresentam a classe textural areia franca como dominante. Quando apresentam textura média, normalmente compreendem a classe areia franca nos horizontes mais superficiais, na faixa dos 70 a 80 cm de profundidade, passando, então, para classe franco-arenosa e, em raros casos, podem atingir a textura franco-argiloarenosa. **Luvissolo Crômico** são solos minerais, não hidromórficos, eutróficos, com elevada soma de bases, tipicamente pouco profundos. **Planossolos Háplico** distintiva a presença de um horizonte B plânico (modalidade especial de horizonte Bt) subjacente a um horizonte (A) ou (A+E) e de uma mudança textural abrupta(EMBRAPA, 2000).

## **METODOLOGIA**

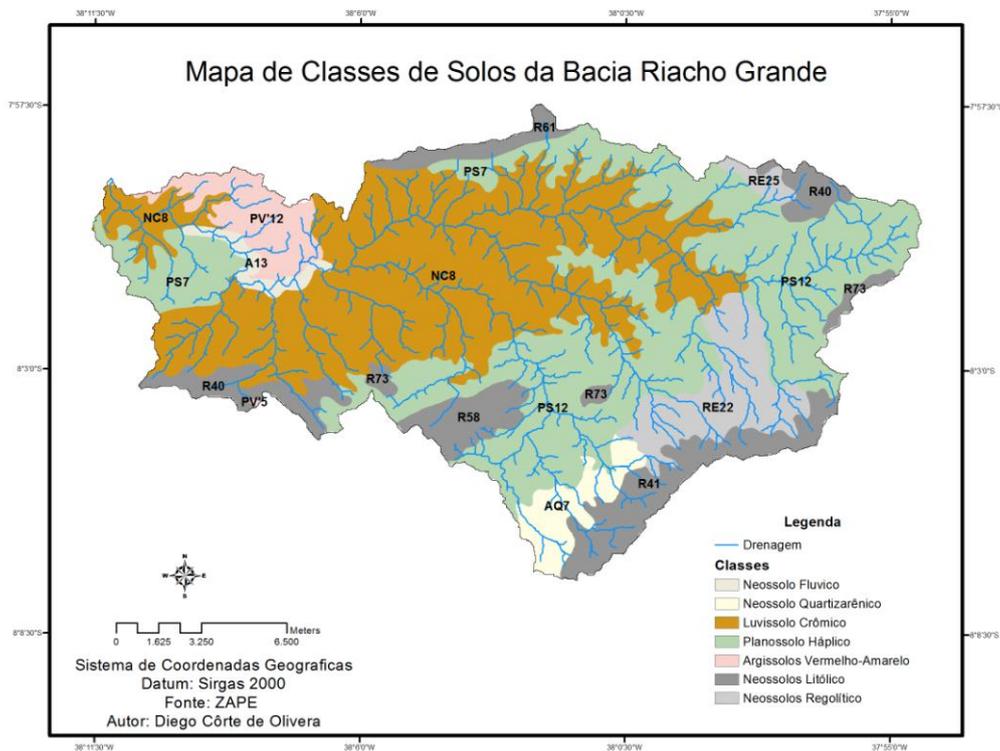
A partir do exposto, este trabalho utilizará técnicas de mapeamento digital que levaram em consideração fatores importantes para o detalhamento da distribuição dos solos: os atributos topográficos, sendo eles a declividade, elevação e a distância da rede de drenagem (SOUZA 2013). Para tal, pode-se utilizar os modelos digitais de elevação, combinar com informações obtidas dos levantamentos de solos da área, levando em consideração a relação solo/relevo (catena) para obter um maior detalhamento dos mapas já existentes, ou seja, um mapa detalhando as classes de solos e correlacioná-los dentro das catenas típicas do semiárido.

Realizando o processamento para o detalhamento das classes de solos a partir do levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Pernambuco, em escala de 1:100.000 disponível pela EMBRAPA e estudar a influência da diversidade dos solos na bacia hidrográfica Riacho Grande, possibilitando acesso dos resultados para planejamento do território da bacia hidrográfica e futuras produções acadêmicas.

Para concretizar a análise da relação solo/relevo a partir dos atributos topográficos, o modelo digital de elevação e o mapa de declividade são de

extrema necessidade para o mapeamento digital. O modelo digital de elevação, no caso desse trabalho, é fruto das imagens do satélite ASTER-GDEM 2 assim como o mapa de declividade em porcentagem. O produto: modelo digital de elevação é classificado em classes a cada 50m de altitude, e o produto: mapa de declividade em porcentagem é classificado em seis classes de intervalos entre as porcentagens.

**Figura 2 de classes de solos da bacia hidrográfica Riacho Grande.**



Para isso, as atividades desse trabalho perpassam desde o trabalho digital de geoprocessamento com a criação de produtos como: mapa de localização, modelo digital de elevação, mapa de declividade, mapa de solos e levantamento bibliográfico. Tudo isso, na intenção do detalhamento do mapeamento de forma digital, classificá-los no sistema taxonômico vigente do IBGE e enquadrar o mapeamento sobre a análise das catenas típicas do semiárido. O método a ser aplicado no processamento de dados para o mapeamento digital usou de dados do projeto ASTER-GDEM 2 de outubro de 2011, obtidos gratuitamente e com precisão de 30m. O processamento feito a partir do Spatial Analyst Tools do

ArcGis 10.1, gerando produtos como modelo digital de elevação e mapa de declividade, ambos do recorte da bacia hidrográfica. O processamento começa no módulo Hydrology para observar a influência da distância do canal e da água na formação dos solos, partindo para o módulo Surface para análise da declividade de cada ponto pela remoção e remobilização do solo.

O geoprocessamento é baseado na metodologia supracitada com finalidade da produção do mapeamento digital de solos; o de gabinete composto pelo levantamento bibliográfico, interpretação do relatório final do mapeamento e produtos, como também resultados de levantamentos anteriores, análise da paisagem na perspectiva das catenas típicas do semiárido nordestino, discussão sobre os produtos gerados, formatação e conclusões finais.

## **RESULTADOS**

A partir da metodologia supracitada, e com base nas catenas para perceber a espacialização dos solos no recorte da bacia, pelo processamento digital dos dados de declividade e a drenagem, para assim separar as classes de solos de cada associação exposta no mapa de solos 1:100000 (SILVA et al., 2001), que, em seu relatório final, mostra a porcentagem de cada classe em todas as associações. Assim foi elaborado o mapa de classes de solos e o mapa detalhando as classes de cada unidade solos da bacia Riacho Grande.

Os dados topográficos e sobre a drenagem foram gerados a partir do modelo digital de elevação, obtendo a declividade, delimitação da bacia hidrográfica e a declividade. O modelo digital de elevação classificado em altitudes a cada 50 metros, mostrando as maiores altitudes nas áreas de cabeceira da bacia com predominância a sudeste, com pontos representados a norte e nordeste, acima dos 650 metros de altitude, não esquecendo da área de crista, também acima dos 650 a sudoeste. De modo geral, temos a altitude, diminuindo de leste a oeste rumo à jusante, com exceção dos pontos supracitados. A declividade acompanha os exemplos de maiores altitudes na representação das maiores declividades. Observa-se com clareza a extremidade da área de cabeceira

com as maiores declividades, em relação a área da jusante, com exceção da área com a presença da crista anteriormente citada. Percebendo, deste modo, a intrínseca relação da geomorfologia e geologia do ambiente, no caso o Horst de Mirandiba a sudeste, sendo um planalto sedimentar em estrutura homoclinal que corresponde a uma altitude elevada em comparação com outros pontos da bacia, como também corresponde a altas declividades, geologicamente dentro da formação Tacaratu com conglomerados de arenitos grossos e finos. Assim podendo citar outros pontos de alta declividade e altitude como os inselbergs e os maciços residuais em crista formados no neoproterozóico e denominado de suíte shoshonítica peralcalina e/ou metaluminosa – Terra Nova , não esquecendo do resto do recorte da bacia, situada geomorfológicamente no depressão interplanáltica do Pajeú, situada geologicamente sobre o complexo São Caetano.

O relevo/topografia está intimamente ligado às características de formação e espacialização dos solos, afirmando a importância da análise geológica da área estudada. Para gerar produtos alinhados com relação direta da formação dos solos e a influências dos vários fatores e elementos responsáveis pela formação, mas este trabalho se atem, com maior atenção, às relações geologia-relevo e solo-relevo. Para que, dessa forma, obtenha-se dos dados dos atributos topográficos e dados específicos de cada solo para detalhar a espacialização de cada classe de solos. Observa-se na Figura 2 o mapa de unidades de solos. De modo que as associações de solos presentes no mapa podem ser classificadas dentro das catenas típicas para ambientes semiáridos, como, por exemplo, a unidade PS7, que apresenta do menor para o maior declive as seguintes classes de solos: Planossolos Háplicos, Luvisolos Crômicos e Leossolos Litólicos. Enquadrando-se perfeitamente na catena de pedimento, tal unidade situada a norte da bacia. Outro exemplo de catena no recorte da bacia é a unidade NC8, que apresenta os Planossolos Háplicos em menor declive, Luvisolos Crômicos como solos de transição e o Neossolos Litólicos na área mais elevada de pedimento, pode-se classificar essa unidade como catena de contato entre pedimento e maciços residuais, sendo esta associação espacializada na maior

parte da bacia. Já como exemplo de planalto em rocha cristalina, pode-se considerar a unidade R58, esta contém Afloramentos em maior declividade no recorte, seguidos de Neossolos Litólicos e, na sua parte mais plana, a presença de Argissolos Vermelho-Amarelo, situada a centro-oeste do recorte da bacia. E por fim, o exemplo de catena de front de cuesta, representada pela associação AQ7, com a presença de Neossolos Quartzarênico ao topo do recorte da unidade e os Argissolos Vermelho-Amarelo na sua base.

Observam-se os Neossolos flúvicos e os Planossolos Háplicos em proximidade com os canais fluviais e planícies de inundação com direta ligação ao plano aluvial, os Neossolos Regolíticos, Neossolos Quartzarênico e os Argissolos Vermelho-Amarelo estão relacionados aos relevos com menor declividade em terrenos planos a suave ondulados, que no caso da bacia é configurado pela presença do planalto sedimentar em estrutura homoclinal, geomorfologicamente denominado de Horst de Mirandiba. Já os Luvisolos Crômicos definidos como solos de transição entre as altas e baixas declividades, variando com o tipo de associação que ele está inserido dentro do pedimento dissecado, e por fim, com as maiores declividades encontramos os Neossolos Litólicos, relacionados no recorte da bacia tanto com o Horst de Mirandiba, inselbergs como relevo em crista. Percebendo a direta relação com a geologia do ambiente.

Observa-se a dominância do Luvisolo Crômico e os Planossolos Háplicos, ambos destoam nos seus fatores de formação, o primeiro relacionado a uma declividade maior, enquanto o outro detém relação com o relevo plano, seguidos dos Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos e Argissolos Vermelho-Amarelos. Tem-se em uma menor parcela, representadas no mapeamento, as classes de solos em associação: Neossolos flúvicos e os Neossolos Quartzarênico com 1,13% e 2,99%.

De acordo com a Tabela 1, observa-se as unidades predominantes: NC8, PS12, em contrapartida, as unidades com espacialização mais ínfima são: PV'5, R73 e A13. A unidade PV'5 se encontra quase integralmente no recorte da bacia hidrográfica vizinha, e detém uma espacialização ínfima comparada ao recorte

total da bacia Riacho Grande, por esse motivo não foi incluída no detalhamento das classes de solos que o trabalho propõe, sendo espacializada só sua classe de

**Tabela 1 Tabela de unidades de mapeamento, seus solos componentes e porcentagem da área de cobertura de cada unidade na bacia hidrográfica.**

<b>Unidade de Mapeamento</b>	<b>Solos Componentes e porcentagem de cobertura na unidade</b>	<b>Cobertura em porcentagem da unidade de mapeamento</b>
A13	Neossolos flúvicos(75%), Planossolos Háplico(25%)	1,13%
AQ7	Neossolos Quartzarênico(60%), Argissolos Vermelho-Amarelo(40%)	2,99%
NC8	Luvissolos Crômicos(55%), Neossolos Litólicos(30%) e Planossolos Háplicos(25%)	37,05%
PS7	Planossolo Háplico(45%), Neossolos Litólico(30%) e Luvissolos Crômicos(25%)	10,48%
PV'5	Argissolos Vermelho-Amarelo(40%), Cambissolos(40) e Luvissolos Crômicos(20%)	0,02%
PV'12	Planossolos Háplico(50%), Luvissolos Crômicos(25%) e Neossolos Litólicos(25%)	3,96%
PS12	Planossolos Háplico(40%), Neossolos Litólico(20%), Neossolos Regolítico(20%) e Afloramento rochoso(20%)	23,90%
RE22	Neossolos Regolítico(60%) e Neossolos Litólicos(40%)	6,23%
R40	Neossolos Litólicos(60%), Argissolos Vermelho-Amarelo(20%) e Afloramento rochoso(20%)	3,61%
R41	Neossolos Litólicos(60%), Argissolos Vermelho-Amarelo(20%) e Afloramento rochoso(20%)	5,03%
R58	Neossolos Litólicos(45%), Argissolos Vermelho-Amarelo(35%) e Afloramento rochoso(20%)	2,44%
R61	Neossolos Litólicos(60%), Argissolos Vermelho-Amarelo(20%) e Afloramento rochoso(20%)	1,46%
R73	Neossolos Litólicos(50%), Argissolos Vermelho-Amarelo(25%) e Afloramento rochoso(25%)	1,01%

solo dominante. Assim, o mapeamento digital buscou adicionar os Afloramentos rochosos e detalhar as classes contidas nas unidades supracitadas, pois todas as classes, exceto os Afloramentos, não aparecem no mapeamento básico. Algumas associações como R40, R41 e R61 mostram na tabela 1, proporções iguais, mas se diferenciam no relatório final, no caso da unidade R40, os Argissolos Vermelho-

Amarelo estão indissociáveis dos Argissolos vermelho escuro, o que também ocorre no R41, mas a diferença na associação R41 é que existem duas variações dos Neossolos Litólicos, no caso dessa Tabela 2 foi considerada a soma das duas partes.

A partir da análise dos produtos apresentados até aqui, as classes de cobertura pedológicas foram separadas em: os Afloramentos rochosos, nos quais foram identificados claramente, por sua acentuada declividade nas associações: R40; R41;R58;R61;R73 e PS12. Os Neossolos Flúvicos estão localizados nas depressões e planícies de inundação, estes, contidos na seguinte associação: A13. Já os Luvisolos Crômicos são identificados como solos de transição, quando associados com Argissolos ficam em áreas de maior declividade do que os Argissolos, e quando associados com Neossolos Litólicos apresentam maior declividade, estes, representados pelas associações presentes no mapeamento: PS7; PV'5;PV'12 e NC8. Os Argissolos Vermelho-Amarelo são solos desenvolvidos e por isso se encontram nos lugares com menor declividade, freqüentemente na média ou baixa encosta. Para delimitar os Planossolos Háplicos, levamos em consideração as baixas declividades ou ambientes planos próximos a canais com chance de inundação, estes, representados nas associações: A13; PS7; PS12; NC8 e R25. E os Neossolos Litólicos estão relacionados à ambientes de alta declividades, condição essa, que leva a um saldo de perda de material, o que impede o desenvolvimento dos solos, geralmente encontrados nas partes superiores das encostas. Também temos o Neossolos Regolítico, que é normalmente encontrado em no relevo plano a suave ondulado, variando de acordo com os outros componentes da associação, estas que foram representadas no recorte da bacia por: PS12; RE22 e RE25. E por fim, os Neossolos Quartzarênico, predominantemente no relevo plano e plano e suave ondulado presente na associação: AQ7. Podendo-se observar todas as associações na figura 2.

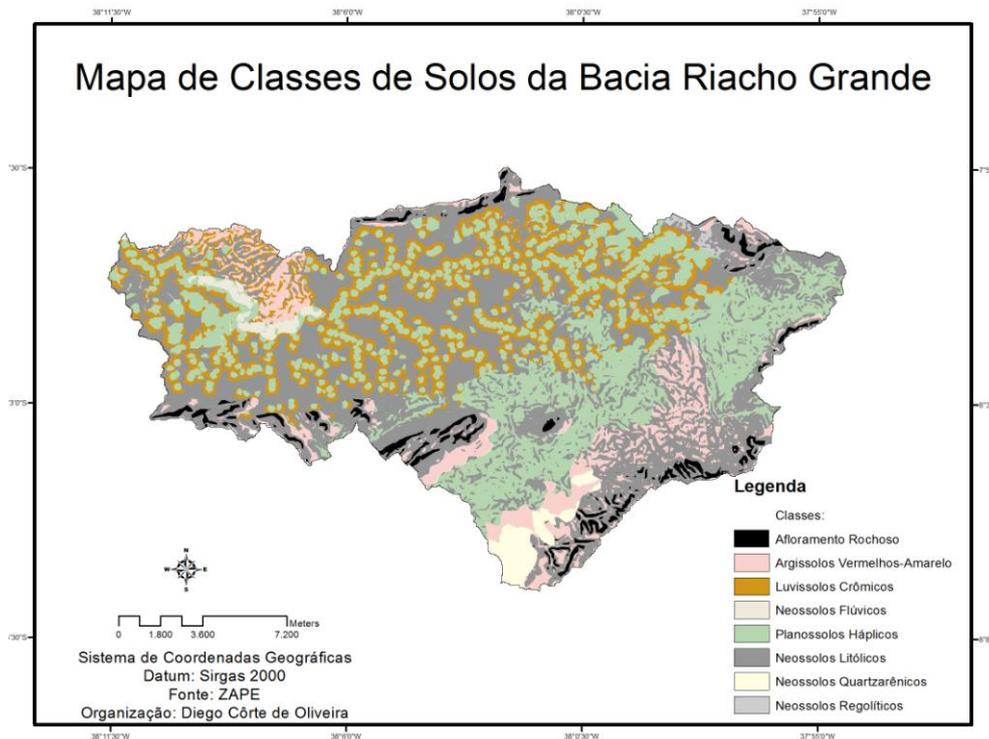
Por todos esses aspectos, pode-se correlacionar a geologia e geomorfologia do recorte da bacia nas classes de solos, em três amplas variações:

entre os solos advindos das rochas cristalinas, rochas sedimentares e os sedimentos aluviais e coluviais. Assim, não só observando os aspectos topográficos, mas também a gênese de cada classe de solo, para que o processamento digital seja adequado para cada associação, processamento que varia de acordo com sua localização topográfica e também de seu material de origem.

Para detalhar as classes de solo das respectivas unidades, com base em cada unidade de solo, utiliza-se da declividade como elemento chave para o processamento das seguintes associações: R40, R73, R58, R61, RE22, PS12, PV'12. Definidos por esse elemento chave, no caso das variações das classes de solos, por suas formações e influência da topografia na variação da espacialização das mesmas. De forma geral, as unidades com Neossolos Litólicos como classe dominante na cobertura dos solos: R40, R73, R58 e R61 apresentam dentro da configuração de espacialização as classes em ordem de declividade, da menor para maior, com os Neossolos Litólicos, Argissolos Vermelho-Amarelo e Afloramento rochoso. Já a unidade RE22 encontra-se os Neossolos Regolíticos, na área com menor declividade, e os Neossolos Litólicos, nas maiores. A unidade PS12 apresenta Afloramento rochoso, Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos e Planossolos Háplicos em ordem de redução de declividade. E por fim, do elemento chave da declividade, a unidade PV'12 com Argissolos Vermelho-Amarelo nas áreas mais planas, Luvisolos Crômicos como área de transição e nas áreas mais declivosas os Neossolos Litólicos. As associações detalhadas, a partir da sua relação com a distância da rede de drenagem são: A13, NC8 e PS7, escolhidos para esse elemento chave, pela formação das classes de solos, presentes nas unidades serem ligadas a proximidade com o canal fluvial. Sendo a unidade A13 composta por Planossolos Háplicos mais próximos ao canal fluvial e os Neossolos flúvicos mais distantes do canal; NC8 formada pelas classes: Planossolos Háplicos, Luvisolos Crômicos e Neossolos Litólicos, estas, em ordem de proximidade do canal fluvial, do mais próximo ao mais distante. Concluindo o elemento chave de proximidade com o canal, com a unidade PS7 que contém

Planossolos Háplicos próximos ao canal, seguidos dos Luvisolos Crômicos e mais distante ainda os Neossolos lítólicos. E por fim, a unidade que fora detalhada pela altimetria: AQ7, sendo as classes de solos definidas a partir da diferenciação na posição topográfica, com os Neossolos Quartzarênico ao topo e os Neossolos Litólicos na base.

**Figura 3** Mapa detalhado das classes de solos da bacia hidrográfica Riacho Grande.



O resultado do mapeamento digital, a partir dos atributos topográficos, teve resultado positivo na espacialização das classes de solos, com adição dos Afloramentos rochosos e Neossolos Litólicos em áreas mais declivosas, presentes nas variações das áreas de encostas no relevo em crista e do Horst de Mirandiba, como também o detalhamento das unidades em proximidade com o canal fluvial e ao relevo mais suave de maneira significativa, como Luvisolos Crômicos, Planossolos Háplicos, Neossolos flúvicos e Neossolos Quartzarênico. Possibilitando a produção de futuros trabalhos de modelagem com maior precisão de maneira menos onerosa. E confirmando a grande influência da relação solos-relevo na espacialização dos solos.

Na Tabela 2, pode-se perceber a porcentagem de cobertura das classes de solos presentes na bacia hidrográfica Riacho Grande, percebendo as grandes mudanças em algumas classes, o que, para a modelagem, tanto de escoamento superficial, como de erosão dos solos, mudaria drasticamente os resultados obtidos.

**Tabela 2 Tabela de comparação da área de cobertura das classes de solos em porcentagem da bacia hidrográfica.**

Classes dominantes de solos	Porcentagem de cobertura Mapa 1	Porcentagem de cobertura Mapa 2
Argissolos Vermelho-Amarelo	3,98%	6,46%
Neossolos Litólicos	13,55%	41,49%
Afloramento Rochoso	Não espacializado.	2,78%
Planossolo Háplico	34,39%	29,55%
Luvissole Crômico	37,06%	14,87%
Neossolos Flúvicos	1,13%	0,86%
Neossolos Regolíticos	6,91%	0,27%
Argissolos Vermelho-Amarelo*	Não espacializado.	1,96%
Neossolos Quartzarênico	2,99%	1,77%

Observa-se que o Neossolos Litólico com 41,49% e o Planossolos Háplico com 29,55% são os solos dominantes na bacia, após a separação das classes, o Neossolos Litólico no mapeamento das associações estava com 13,55%, já os Planossolos Háplicos fora reduzido de 34,38%. O Neossolos flúvicos saíram de 1,13% para o 6,46%, o Luvissole Crômicos teve uma redução considerável de 37,06% para 14,37%; assim como os Neossolos Quartzarênico e Neossolos Regolíticos que também reduziram de 2,99% para 1,77% e de 6,91% para 0,27%. Como exemplo de diferenciação entre os mapas, diferenças essas que podem causar erros significativos na modelagem, são as das unidades NC8 que ocupa 37,5% de cobertura, junto com a 23,90% da unidade PS12 ocupam 61,4% do total do recorte da bacia, e deixam de representar 30% de Neossolos Litólicos na unidade NC8, 11,25% da área total da bacia e 20% na unidade PS12 que corresponde a 4,78% do recorte total da bacia. Deixando de representar só entre

essas unidades 16,03% de Neossolos Litólicos no recorte da bacia, sendo este sub valorizado no mapeamento básico, e o Luvisolos Crômicos classe dominante na unidade NC8 sobrevalorizado. Como se pode ver na tabela 4 que compara os dois, o mapeamento básico e o mapeamento fruto deste trabalho.

De modo que, as relações das classes de solo com a topografia, aliados com informações de cunho geológico e geomorfológico, garantem uma expressiva diferenciação na espacialização das unidades de mapeamento, chegando a 27,94% de diferença na maior mudança de espacialização das classes de solos presentes no recorte da bacia. No caso da porcentagem citada, os Neossolos Litólicos foram acrescidos em área de cobertura. E no caso de uma redução drástica, pode-se citar o Luvisolos Crômicos, com redução de 22,19%. Percebendo a relação direta dos dois solos, pois a maior parte recoberta agora pelo Neossolos Litólicos eram áreas definidas como Luvisolos Crômicos, esta relação entre as duas classes não é única para a classe dos Neossolos Litólicos, pois esta está presente em quase todas as associações recortadas no mapa básico. Outra diferença fica a cargo dos Planossolos, que perderam 4,84% da área de cobertura para os Neossolos Litólicos e os Luvisolos Crômicos, assim como os Argissolos Vermelho-Amarelo que perde espaço de cobertura para as mesmas classes do Planossolos Crômicos, em contrapartida os Argissolos ganha área que antes era ocupada pelos Neossolos Quartzarênico e aumentam em 4,25% sua área de cobertura. Já os Neossolos Regolíticos sofrem uma diminuição de 6,64% em maior parte para os Neossolos Litólicos.

Concretizado o detalhamento com a adição dos Afloramentos rochosos representando 2,78%, os Argissolos Vermelho-Amarelos que saíram de 3,38% no mapeamento sem o detalhamento das classes para 6,46% mais a soma de outra delimitação com de Argissolos Vermelhos-Amarelos\* com 1,96% de cobertura, sendo um composto indissociável de Argissolos vermelho amarelo e Argissolos vermelho escuro, assim chegando a 8,42% para os Argissolos.

Analizando a diferenciação do mapeamento básico das unidades de solos e o detalhamento pelo processamento digital, fica claro que a metodologia deste trabalho aumenta o nível de precisão, diminui os custos e acelera todo o

processo, gerando dados ideais para a modelagem, como por exemplo, o modelo hidrológico *Curve Number* (CN) (SCS, 1972 apud. FEITOSA et al. 2010) que classifica os solos em grupos hidrológicos, sua condição hidrológica e umidade para gerar dados sobre escoamento superficial (FEITOSA et al. 2010). De modo que, os dados gerados nesse trabalho, mudaram 67,54% da espacialização das classes de solos do mapa básico, alguns solos, como solos Neossolos Litólicos ganharam uma sobrevalorização em contrapartida dos Luvisolos Crômicos, ambos com respostas hidrológicas diferentes, dessa forma, a metodologia aplicada nesse trabalho tende a melhorar significativamente a possibilidade de gerar dados de modelagem, consideravelmente mais precisos, como também, para melhor planejar o uso e ocupação do recorte trabalhado, como por exemplo, a escolha de áreas ideais, seja para uso agropecuário ou para construções de edificações.

## **CONSIDERAÇÕES**

Considerando o objetivo do trabalho, de detalhar as associações de solos, no recorte da bacia hidrográfica Riacho Grande, foi concluído com êxito, valendo ressaltar que, o foco do mapeamento é de proporcionar a produção de futuros trabalhos com modelagem de escoamento superficial e/ou erosão dos solos, de forma que, os dados obtidos, a partir dessa metodologia, viabilizará uma precisão maior das modelagens do que o mapeamento dos solos a partir das associações.

De forma que, os resultados em relação cobertura das áreas de classe de solos mudaram 67.54% a partir do mapeamento digital, o que mudaria de forma significativa os resultados de modelagem de escoamento superficial *Curve Number* (CN) (SCS, 1972 apud. FEITOSA et al. 2010) por exemplo, como também de erosão dos solos. Em trabalhos futuros, garantindo uma maior precisão nos resultados e podendo também assegurar oportunidade para melhor gerir o planejamento da área da bacia hidrográfica.

Dado o exposto, também teve êxito a técnica de geoprocessamento de atributos topográfico, a partir de imagens do satélite ASTER-GDEM 2, por sua precisão, mostrando eficácia do Arcgis 10.1, por suas ferramentas, as quais são necessárias para espacialização dos solos na bacia hidrográfica Riacho Grande.

Assim, como a metodologia de análise da relação solo/relevo das catenas, especificamente as catenas para ambientes semiáridos do nordeste brasileiro (CORRÊA, SOUZA e CAVALCANTI, 2014), que se mostra adequada para identificar os solos de áreas do semiárido.

Portanto, percebe-se que a metodologia barateia e consegue acelerar o processo de mapeamento, como também, o torna mais rápido e preciso. Corroborando, assim, com trabalhos futuros da área, com foco na modelagem de escoamento superficial e/ou erosão dos solos. Mas ainda, com a necessidade de comprovação em campo, com amostras de perfis completos de solos. Perfis, estes, que instiguem o melhoramento deste trabalho, abrindo oportunidades de ampliação e precisão da temática abarcada no mesmo.

## REFERENCIAS

ALMEIDA, J. D. M. – (Des)conectividade da Paisagem e Compartimentação Fluvial na Bacia do Riacho Grande, Sertão Central Pernambucano. 2017 Dissertação (Mestrado em Geografia) - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGEO Pernambuco, Recife, 2017.

ALMEIDA, J., SOUZA, J., CORRÊA, A.. DINÂMICA E CARACTERIZAÇÃO FLUVIAL DA BACIA DO RIACHO GRANDE, SERRA TALHADA – PE: ABORDAGEM DA CONECTIVIDADE DA PAISAGEM. Geo UERJ, Local de publicação (editar no plugin de tradução o arquivo da citação ABNT), 0, mai. 2016.

BIRKELAND, Peter W. Soil and geomorphology. Rev. ed. of: Pedology, weathering, and geomorphological research. 1974.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Nova delimitação do Semiárido brasileiro. Brasília, DF, 2005. 32 p. il.

BURGOS, N.; CAVALCANTI, A.C. Levantamento detalhado dos solos da área de sequeiro do CPATSA, Petrolina-PE. Recife: Embrapa, 1990. 2v. il.(Embrapa-SNLCS. Boletim Técnico, 38).

CAMPOS, Milton César Costa et al. Relações solo-paisagem em uma litossequência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP. Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. 2007, vol.31, n.3 [cited 2017-06-02], pp.519-529.

CORREA, A.C.B; TAVRES, B.A.C; MONTEIRO, K.A; CAVALCANTI, L.C.S; LIRA, D.R. Megageomorfologia e Morfoestrutura do Planalto da Borborema. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 2010.

CORREA, A.C.B., SOUZA, J.O.P. E CAVALCANTI, L.C.S. In: Degradação dos solos no Brasil / organização Antonio José Teixeira Guerra, Maria do Carmo Oliveira Jorge. – 1.Ed. Cap.4 – Pags 127-170 – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

CPRM. Programa de Água Subterrânea para a Região Nordeste – Projeto de Avaliação Hidrogeológica das Bacias Interiores: Estudo Hidrogeológico da Bacia de Fátima, PE. Serviço Geológico do Brasil: Recife, 2000.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Programas levantamentos geológicos do Brasil: Serra Talhada, Folha SB. 24-Z-C. Estados de Pernambuco, Paraíba e Ceará. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM, 2001.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Flores, estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005a.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Calumbi, estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005b.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Serra Talhada, estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005c.

DOBOS, E., CARRÉ, F., HENGL, T., REUTER, H.I., TÓTH, G., 2006. Digital Soil Mapping as a support to production of functional maps. EUR 22123 EN, p. 68. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.

EMBRAPA. Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Pernambuco. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FEITOSA, A. et al. MODELAGEM DINÂMICA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL INFLUENCIANDO A SUSCEPTIBILIDADE À EROÇÃO DOS SOLOS NUM MUNICÍPIO DO SEMI-ÁRIDO DE PERNAMBUCO Revista Brasileira de Geomorfologia, v.11, n.2, p.75-82, 2010

FRYIRS, K. A.; BRIERLEY, G. J. Geomorphic Analysis of River Systems: an approach to 131 reading the landscape. Blackwell Publishing LTD, 1ª Ed., 2013.

GRAF, W. L. Fluvial Process in Dryland Rivers. Caldwell: The Blackburn Press, 1988.

IBGE. Manual técnico de pedologia, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2. Ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 323p. -il. - (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103 -9598; n4).

McBRATNEY, A. B.; ODEH, I. O. A.; BISHOP, T. F. A...; DUNBAR, M. S.; SHATAR, T. M. An overview of pedometric techniques for use in soil survey. Geoderma, Amsterdam, v. 97, n. 3-4, p. 293-327, 2000.

MENDONÇA-SANTOS, Maria de Lourdes - Mapeamento digital de classes e atributos de solos: métodos, paradigmas e novastécnicas / Maria de Lourdes Mendonça-Santos e Humberto Gonçalves dos Santos. - Riode Janeiro : Embrapa Solos, 2003.

MILNE, G. 1935. Some suggested units of classification and mapping for East African soils. Soil Res. 4:183–198.

TORRADO, P. V.; LOPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. Conceitos e Aplicações das Relações PedologiaGeomorfologia em Regiões Tropicais Úmidas. Tópicos em Ciência do Solo, v. 4, n. 1, p. 145- 192, 2005.

SCS, Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, USDA, 1972.

SILVA, F.B.R E; SANTOS, J.CP; SILVA, A.B.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, F.H.B.B.; BURGOS, N.; PARAHYBA, R, DA B.V.; OLIVEIRA NETO, M.B; SOUZA NETO, N.C.; ARAÚJO FILHO, J.C.; LOPES, O.F; LUZ, L.R.P.P.; LEITE, A.P.; SOUZA, L.G.M.C.; SILVA, C.P.; VAREJÃO-SILVA, M.A; BARROS, A.H.C. Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco. Recige: EbrapaSolos - Unidade de Execução de Pesquisas e Desenvolvimento - UEP Recife; Governo de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), 2001. CD-Rom. (Embrapa Solos. Documentos n. 35).

SOUZA, B.; SUERTEGARAY, D.; LIMA, E.. DESERTIFICAÇÃO E SEUS EFEITOS NA VEGETAÇÃO E SOLOS DO CARIRI PARAIBANO (desertification and its effects over the vegetation and soils of the cariri region of Paraíba – Brazil). Revista Mercator, 2009.

SOUZA, O.P. de.. Catenas e detalhamento expedito dos solos da bacia do Riacho do Saco – Serra Talhada/Pernambuco; Geosul, Florianópolis, v. 28, n. 56, p 163-182, jul./dez. 2013