



# MODELAGEM DINÂMICA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL INFLUENCIANDO A SUSCEPTIBILIDADE À EROSÃO DOS SOLOS NUM MUNICÍPIO DO SEMI-ÁRIDO DE PERNAMBUCO

**Ailton Feitosa**

*Professor Assistente da Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL) e Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE - Rua Antônio Valdevino Costa, n 280, Edf. Boa Vista, Apt. 603, Bairro do Cordeiro, Recife, PE - e-mail: a.feitosa@bol.com.br*

**José Alegn Roberto Leite Fachine**

*Doutorando em Geografia no Departamento de Geografia na UFPE - Rua Pedro Firmeza, 669 - Cambéa, Fortaleza, CE - CEP 60822-380 - e-mail: fechini02@yahoo.com.br*

**Clarisse Wanderley Souto Ferreira**

*Doutoranda em Geografia no Departamento de Geografia na UFPE - Rua Demócrito de Souza Filho, 370, apto. 703, Madalena, Recife, PE - CEP 50610-120 - e-mail: clarissewsf@hotmail.com*

**Maria do Socorro Bezerra de Araújo**

*Professora Adjunta do Departamento de geografia da UFPE - Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife, PE - CEP 50670-901 - e-mail: socorro@ufpe.br*

---

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi identificar os principais fluxos de escoamento superficial, através de uma simulação computacional com os dados de precipitação efetiva na bacia hidrográfica do rio Pajeú no trecho que compreende o município de Serra Talhada/PE, com a finalidade de identificar as áreas sujeitas aos processos erosivos mais atuantes sobre os solos. Os dados relativos aos tipos de solos e as condições físicas da área em estudo foram obtidos no Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE. Para a determinação do escoamento superficial foi adotado o Modelo Hidrológico Curve Number – MHCN. Os resultados obtidos na simulação do escoamento superficial contribuíram para a identificação das áreas mais susceptíveis ao escoamento dinâmico, cujas consequências podem ser observadas na erosão efetiva dos solos estimada a partir da declividade do terreno. Os dados do escoamento superficial foram comparados com as correspondentes condições de uso e cobertura da terra e tipos de solos. Foi observado desde uma cobertura muito impermeável (limite inferior) até uma cobertura muito permeável (limite superior). Em áreas de solos mal drenados e rasos, localizados nos Topos e Altas Vertentes do relevo ondulado, foi observado um escoamento superficial muito irregular.

**Palavras-chave:** bacia hidrográfica, precipitação, declividade, Sistema de Informações Geográficas -SIG, uso da terra, cobertura do solo

## Abstract

The aim of this study was to identify the main flows of the surface runoff using a computational simulation of the rainfall data from the Pajeú river watershed, in the Serra Talhada municipality of Pernambuco State. Also, it was determined areas subjected to the more effective erosive processes. Data on soil types and physical characteristics were obtained from the Agroecologic

Zoning of Pernambuco - ZAPE, The surface runoff was determined using the Model Hidrologic Curve Number – MHCN. The runoff simulation data contributed to identify the most susceptible areas to dynamic drainage. The runoff consequences can be observed estimating the effective soil erosion from the ground slope. The runoff data were matched with the land use and cover and soil types. It was observed since a very impermeable cover (lower limit) to a very permeable cover (upper limit). In areas of shallow and poorly drained soils, located on the top and steep slopes in undulating relief, there was a very irregular surface runoff.

**Keywords:** watershed, rainfall, slope, Geographic Information System -GIS, land use, soil cover.

## Introdução

A ideia de modelagem vem de um processo empírico, no qual os princípios de uma ou mais teorias são aplicados para se reproduzir o comportamento de um fenômeno numa escala de tempo estimada, através de um modelo sob uma ótica de uma determinada realidade (Ross, 1994). Este fenômeno pode ser qualquer fato ou situação concreta de interesse científico, passível de descrição ou explicação como, por exemplo, os fenômenos hidrológicos. Dessa forma, qualquer modelo é resultado da criatividade e do conhecimento que o modelador possui a respeito do fenômeno observado e por esse motivo, um único fenômeno pode ser modelado de várias maneiras (Christofoletti, 1999).

A integração de modelos hidrológicos com sistemas de informação geográfica (SIG) tem sido discutida, analisada e utilizada por muitos pesquisadores, tais como Ross (1994), Montoya (1999), Tucci *et. al* (2000), Paiva *et. al* (2001), Druck *et. al.* (2004), entre outros, principalmente ligados as ciências exatas e ambientais, a exemplo da engenharia, da hidrologia, da meteorologia e da geomorfologia, cuja tendência é um reflexo da grande capacidade dos SIG de armazenar, manipular, analisar, recuperar e visualizar informações geográficas.

O presente estudo teve como objetivo principal realizar uma simulação computacional do escoamento superficial da água no município de Serra Talhada, a partir dos dados de precipitação, drenagem, relevo e solos para identificar as áreas mais sujeitas aos processos erosivos, transformando um Sistema de Informações Geográficas em uma representação realista dos processos espaços-temporais para a área. Através do processo de Modelagem Ambiental é possível avaliar os riscos de processos erosivos na área estudada, a partir da indicação da declividade e dos solos mais susceptíveis à erosão, por conta da sua capacidade de retenção da água. Diferentes tipos de solo podem apresentar susceptibilidade diferenciada ao escoamento superficial, mesmo para condições semelhantes de declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo. Essas diferenças são devidas às propriedades do próprio solo (Bertoni e Lombardi Neto, 1993).

Segundo Genovez (2001), o escoamento superficial pode ser entendido como sendo uma parte componente ou própria do ciclo hidrológico, em que a água se desloca sobre

a superfície da bacia até encontrar uma calha de recepção definitiva. Em áreas rurais, este sofre a interferência de vários elementos do meio, como por exemplo, do tipo de cobertura vegetal, dos índices de precipitação, do tipo de declividade do terreno, do tipo de solo e das práticas de uso e manejo do solo, que podem facilitar ou dificultar o processo, pois as vazões de uma bacia estão diretamente ligadas a eles (Villela e Mattos, 1975).

Neste estudo, a modelagem do escoamento superficial foi realizada utilizando o modelo hidrológico Curve Number (CN) (SCS, 1972) para estimar o escoamento superficial da área, com base nos dados de precipitação efetiva e nos valores obtidos para a vazão dentro da bacia do rio Pajeú no município de Serra Talhada.

## Metodologia

### Área de Estudo

A área de estudo está inserida na bacia de drenagem da microrregião do Rio Pajeú na porção norte do Estado de Pernambuco, com uma área de 2.959 km<sup>2</sup>, localizada na região conhecida como Serra Talhada que faz parte do chamado semi-árido pernambucano (**Figura 1**). O município de Serra Talhada está inserido na unidade geoambiental da depressão sertaneja, que representa a paisagem típica do semi-árido nordestino, caracterizada por uma superfície de pediplanação bastante monótona, onde o relevo predominante é suave-ondulado, cortado por vales estreitos, com vertentes dissecadas. A cobertura vegetal da área é composta basicamente por caatinga hiperxerófila (em sua maior parte), com trechos de floresta caducifólia, pastagem e plantação permanente.

Com respeito aos solos, nos patamares compridos e baixas vertentes do relevo suave-ondulado ocorrem os Planossolos, mal drenados, de fertilidade natural média e com problemas de sais; nos topos e altas vertentes, ocorrem os Luvisolos, rasos e de fertilidade natural alta; nos topos e altas vertentes do relevo ondulado ocorrem os Argissolos bem drenados e de fertilidade natural média; e nas elevações residuais, os solos Neossolos Litólicos, rasos, pedregosos e de fertilidade natural média (Embrapa, 2006). Os solos no semi-árido, geralmente apresentam fertilidade dominante de mé-

dia a alta, com profundidade muito variada, pois o intemperismo das rochas quanto à pedogênese são processos muito menos intensos nessa região.

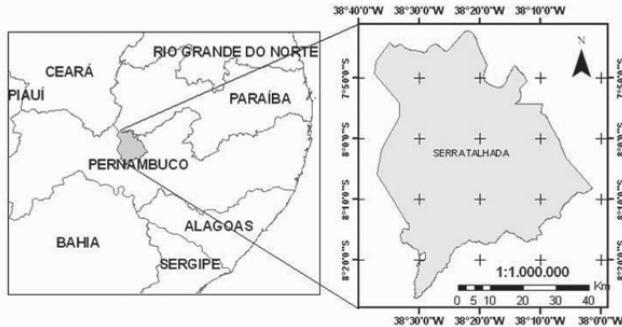


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo, no município de Serra Talhada-PE.

### Base de Dados

Os dados de solos utilizados neste trabalho foram extraídos do mapa de solos do ZAPE (Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco, 2001) na escala 1/100.000 e comparados com o mapa de solos dos levantamentos da EMBRAPA (2000) na mesma escala para o município de Serra Talhada (Figuras 2), com a finalidade de estabelecer uma classificação única para suas ocorrências e, depois, agrupá-los de acordo com suas capacidades de infiltração. Em função de suas características e particularidades desses solos na área de estudo, foi necessário fazer uma classificação dos mesmos de acordo com o GHS (Grupo Hidrológico dos Solos) proposto por Lombardi Neto *et al* (1991) (Tabela 1).

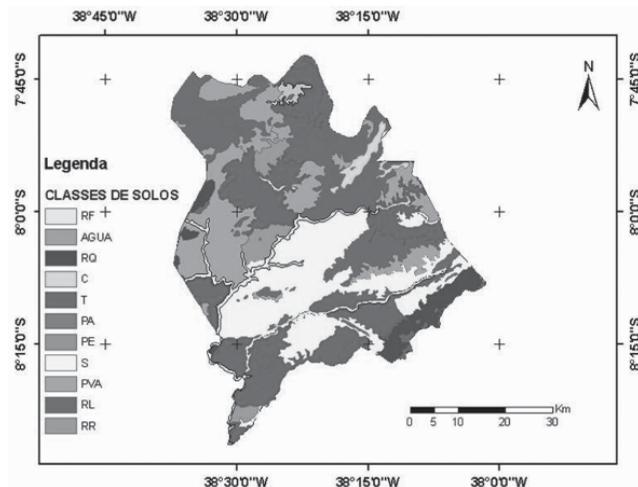


Figura 2 - Mapa de solos do município de Serra Talhada – PE, na escala 1/100.000. RF – Neossolo Flúvico; - RQ – Neossolo Quartzarênico; C – Cambissolo; T – Luvissolo; PA – Argissolo Amarelo; PE – Argissolo Vermelho; S – Planossolo; PVA – Argissolos Vermelho-Amarelo; RL – Neossolo Litólicos; RR – Neossolos Regolítico. Fonte: ZAPE (2001)

Tabela 1 - Classificação dos Grupos Hidrológicos dos Solos e características e capacidade de infiltração correspondente.

GHS	Características	Capacidade de infiltração
A	Solos arenosos e argilosos, profundos e bem drenados.	> 3,4 mm h <sup>-1</sup>
B	Solos arenosos, com pouca argila e orgânico.	2,5 e 3,4 mm h <sup>-1</sup>
C	Solos mais argilosos que o GHS B, com baixa permeabilidade	1,4 e 2,5 mm h <sup>-1</sup>
D	Solos com pouca argila, rasos, pouco desenvolvidos e muito impermeáveis.	< 1,4 mm h <sup>-1</sup>

Fonte: Elaborado com base nos grupos hidrológicos conforme Lombardi Neto *et al.* (1991).

Os dados de precipitações foram obtidos a partir das séries do LAMEPE (2008) e os dados de vazões associadas a essas precipitações, foram obtidos dos dados das séries históricas hidrográficas da ANA (2007) coletados nos postos pluviográficos e fluviográficos localizados na bacia do rio Pajeú.

### 3.3 - Aplicações do Modelo Hidrológico Curve Number (MHCN)

O método MHCN (SCS, 1972) foi utilizado para estimar a dinâmica do escoamento superficial a partir dos valores obtidos com os dados das precipitações do ano de 2008 e de solos e, conseqüentemente, identificar as áreas de maior e menor fluxo e recarga de água, infiltração, umidade do solo e transporte de sedimentos.

Na aplicação do MHCN, as características físicas da bacia hidrográfica, tais como o grupo hidrológico do solo (GHS) (Tabela 1), uso, condição hidrológica do solo e umidade, foram de fundamental importância, para combinar as características da área de estudo e determinar a Curve Number mais dinâmica, um parâmetro que representa e estima o escoamento superficial gerado por uma chuva efetiva, ou seja, a chuva que gera o escoamento superficial.

A chuva efetiva foi determinada a partir da equação proposta pelo SCS, cujos resultados obtidos permitem determinar a precipitação efetiva da área que irá influenciar no escoamento superficial, considerando-se como único parâmetro a Curve Number (CN) (SCS, 1972). A equação abaixo foi utilizada para medir o escoamento superficial (S) definida pelo modelo CN:

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \quad \text{equação 1}$$

Onde: Q = o escoamento superficial (em mm); P = a precipitação; S = o potencial de infiltração máximo após o início do escoamento superficial. O parâmetro S está relacionado ao solo e a condição de cobertura da bacia de drenagem, através do parâmetro CN, conforme a equação a seguir:

$$S = \frac{25.400}{CN} - 254 \quad \text{equação 2}$$

Nos métodos aplicados pelo SCS para a determinação do escoamento superficial a partir da Curve Number (SCS, 1972), considera-se como importante as seguintes características físicas da bacia hidrográfica: área, declividade dos cursos d'água, tipo de solo e cobertura vegetal/uso das terras, para depois compará-los com as correspondentes condições de infiltração, variando desde uma cobertura muito impermeável (limite inferior da CN), até uma cobertura permeável (limite superior da CN). Para cada categoria de cobertura do solo, foi necessário proceder com a transformação da chuva em vazão. Para isso, foi utilizado o Método do Hidrograma Unitário (HU) da GPRH (2000). Logo, o uso de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento foram muito úteis na criação de um Modelo Digital do Terreno (MTD) para a representação espacial dos resultados. A partir do MDT foram retiradas as curvas de nível da área de estudo utilizando recursos específicos do software ArcView para determinar as áreas mais susceptíveis à erosão de acordo com a declividade e o seu GHS.

## Resultados e Discussões

Basicamente o município de Serra Talhada é composto por quatro tipos de solos dominantes: Planossolos, Luvisolos, Argissolos, Neossolos Litólicos (**Figura 3**). Esses solos, com exceção dos Argissolos, se apresentam rasos ou com pouca profundidade, sendo encharcados rapidamente durante eventos pluviométricos intensos. Além disso, no caso dos solos Argilosos, a infiltração da água é dificultada, se tornando extremamente lenta. Essas duas características dos solos, pouca profundidade e textura argilosa, contribuem para o aumento do escoamento superficial das águas, com arraste da fração granulométrica mais fina do solo, trazendo prejuízo para sua fertilidade.

Na área estudada os solos localizados nas baixadas dos vales apresentam elevado índice de umidade devido à proximidade do lençol freático, principalmente durante o período chuvoso. A partir das características dos solos, descritas anteriormente, foram gerados mapas que retratam sua localização e ocorrência.

Na **figura 3**, têm-se os Planossolos, que são solos mal drenados, de fertilidade natural média e problemas de sais e foram localizados nos Topos e Altas Vertentes de relevo plano e suave ondulado; os solos Luvisolos, que são solos rasos a pouco profundos e de fertilidade natural alta, que foram localizados nos Topos e Altas Vertentes do relevo ondulado; os Argissolos, que são acentuadamente drenados e de fertilidade natural média, localizados nos relevos planos e nas bai-

xadas dos vales; e os solos Neossolos Litólicos rasos, pedregosos e de fertilidade natural média, localizados nas Elevações Residuais.

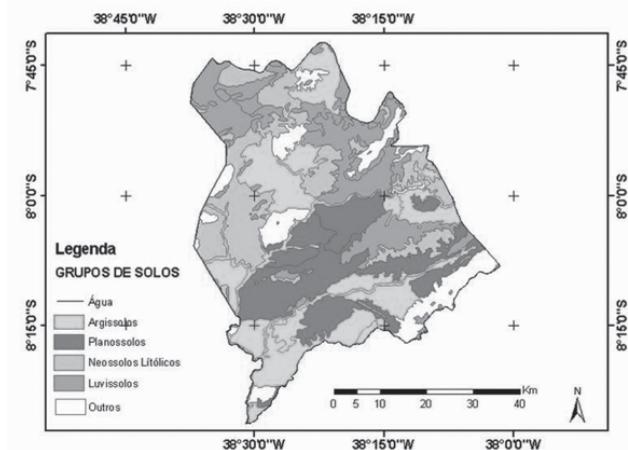


Figura 3 - Mapa da Classificação dos Grupos Hidrológicos dos Solos para o município de Serra Talhada - PE, na escala 1/100.000. Fonte: Elaborado com base no ZAPE (2001).

A partir da aplicação dos métodos do SCS para a determinação do escoamento superficial a partir da Curve Number (SCS, 1972), iniciou-se o processamento com a determinação da precipitação efetiva da área estudada, ou seja, da chuva que gera o escoamento superficial. Como o parâmetro CN depende de três fatores: umidade do solo, tipo de solo e ocupação de solo. Diante dos dados de precipitação e de solos da área de estudo, foi possível associar a classificação hidrológica dos solos (**Tabela 1**) com os valores de CN (**Tabela 2**), comparando-os com as correspondentes condições de uso e cobertura da terra, variando desde uma cobertura muito impermeável (limite inferior da CN), observada para os solos Neossolos Litólicos, até uma cobertura permeável (limite superior da CN), que é o caso observado para os solos Argissolos. No caso dos solos Luvisolos e Planossolos, foram constatados que o comportamento do escoamento superficial é muito irregular, pois são solos mal drenados e rasos (**Figura 3**).

Para a determinação da lâmina d'água gerada para uma precipitação efetiva na área, foi utilizado o Método da Curva Number (SCS, 1972). Para a aplicação desse método se faz necessário, inicialmente conhecimento do GHS dos Solos (**Tabela 1**), a determinação do valor correspondente às condições de uso, cobertura da terra e tipos de solos da bacia hidrográfica (**Tabela 2**) e ao escoamento superficial para a determinação da Curva Number. A definição do GHS foi feita a partir do conhecimento dos tipos de solos correspondentes a área de estudo no trecho que compreende a bacia do rio Pajeú, associado às suas características e à capacidade de infiltração (**Figura 3**). Com essa informação, considerando o tipo de cobertura vegetal do local, o tratamento, a condição

hidrológica e o GHS, foram obtidos os valores da Curve Number para três condições específicas, denominadas: CN-I, CN-II e CN-III. A condição CN-I representa os valores médios correspondentes ao escoamento superficial para uma precipitação efetiva na condição CN-II, que representa uma estimativa de valor percentual de 10 % a 100% para a precipitação efetiva ou para a cobertura vegetal.

**Tabela 2 - Valores médios do parâmetro Curver Number (CN) para bacias hidrográficas rurais (Tucci, 2000).**

Uso da terra	Superfície	Tipo de Solo			
		A	B	C	D
Solo lavrado	Com sulcos retilíneos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações regulares	Em curvas de nível	67	77	83	87
	Terraceamento em nível	64	76	84	88
	Em fileiras retas	64	76	84	88
Pastagens	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	99
	Normais, em curvas de nível	25	59	75	83
	Boas, em curvas de nível	6	35	70	79
Campos permanentes	Normais	30	58	71	78
	Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
	Densas, de alta transpiração	25	55	70	77
Florestas	Muito esparsas, de baixa transpiração	56	75	86	91
	Esparsas	46	68	78	84
	Densas, de alta transpiração	26	52	62	69
	Normais	36	60	70	76

Na condição CN-III, os valores máximos do escoamento superficial estão diretamente relacionados com o percentual da cobertura vegetal para os fluxos anuais da precipitação na condição CN-II (Tabela 3).

**Tabela 3 - Condições da chuva e Curve Number para uma perda inicial (Ia) de 0,2S (SCS, 1972) a partir da cobertura do solo.**

Curve Number para Condição II %	Fatores para converter a Curve Number da Condição II para	
	Condição I	Condição III
10	0,4	2,22
20	0,45	1,85
30	0,5	1,67
40	0,55	1,5
50	0,62	1,4
60	0,67	1,3
70	0,73	1,21
80	0,79	1,14
90	0,87	1,07
100	1	1

Fonte: SCS (1972)

A partir dos dados gerados com os valores da Tabela 1 e considerando os tipos de cobertura dos solos correspondente a área com base na Tabela 2, verificou-se que a média da CN correspondeu a 77. Esse valor representa um escoamento superficial de 83,25% da precipitação efetiva na área, que se justifica pela cobertura vegetal e o GHS dos solos da área estudada. Então, a partir dos valores da Tabela 3, foi feita a interpolação dos valores e foi determinado o valor da CN na condição I igual a 0,772. Utilizando esses dados e sabendo que a precipitação média histórica anual na região é

de 639mm (LAMEPE, 2008), foi determinado o potencial de infiltração máximo (S). Com esses dados foi determinada a lâmina d'água escoada nos limites mínimos e máximos das CN-I e CN-III para uma chuva efetiva nas condições da CN-II, através da Equação do Escoamento Superficial, logo:

$$CN_{s(\text{área})} = CN-II.CN-I = 77 \times 0,772 = 59,44$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

$$S = \frac{25400}{59,44} - 254$$

$$S = 173,32 \text{ mm}$$

$$Q = \frac{(P-0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

$$Q = \frac{(639 - 0,2 \times 173,32)^2}{639 + 0,8 \times 59,44}$$

$$Q = 531,97 \text{ mm}$$

Uma vez feita à identificação da dinâmica dos fluxos do escoamento superficial mínimo e máximo a partir da CN nas condições da CN-I e CN-III, para cada categoria de cobertura do solo, procedeu-se com a transformação da chuva em vazão com o emprego do Método do Hidrograma Unitário (HU) da GPRH (2000). Ao usar o Método do HU determinou-se um hidrograma sintético (Figura 4), que representa as estimativas da vazão na área para um período de chuva efetiva média de 1 hora, levando-se em consideração as características físicas da bacia hidrográfica do rio Pajeú no trecho que compreende o município de Serra Talhada com base nos dados da precipitação anual e cobertura do solo.

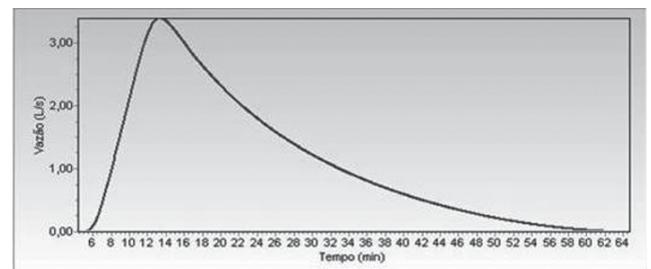


Figura 4 - Hidrograma para uma precipitação efetiva no município de Serra Talhada.

Para definir o HU do GPRH, foi necessário determinar algumas características físicas da bacia, relacionadas com o intervalo de tempo da precipitação efetiva, o tempo de concentração e a declividade da área da bacia hidrográfica.

Conhecido o HU da bacia hidrográfica, foi possível obter o Hidrograma para diferentes precipitações efetivas, cujos resultados forneceram as estimativas sobre o tempo necessário para o escoamento superficial em cada uma das condições da CN nas situações de solos na área estudada. Para tal fim, se fez uso do princípio da superposição e proporcionalidade.

Para simplificar todos os resultados obtidos, foi gerado um fluxograma representando todas as etapas trabalhadas na modelagem dinâmica do escoamento superficial, para determinar sua influência na suscetibilidade à erosão dos solos na área estudada (Figura 5). Na primeira parte do estudo buscou-se conhecer os dados de precipitação do ano de 2008, para então estimar o escoamento superficial d'água sobre diferentes tipos de solos, levando-se em consideração as características físicas da bacia hidrográfica (solos, declividade, uso e cobertura da terra). Em seguida, sabendo-se que parte da precipitação sofre a evaporação e a evapotranspiração, buscou-se conhecer as características físicas dos solos para então determinar os seus respectivos GHS (Tabela 1). Com as características físicas da bacia hidrográfica e os parâmetros superficiais considerados para cada tipo de cobertura da terra na área (Tabela 2), estimou-se o escoamento superficial e a vazão gerada a partir da precipitação efetiva anual (Equações 1 e 2, Figura 4). Os resultados obtidos foram transformados em dados e utilizados na geração dos mapas de declividade e drenagem (Figura 6) com o emprego do software ArcGIS, para então finalizar o processo da modelagem dinâmica do escoamento superficial com a identificação das áreas dos solos susceptíveis à diferentes tipos de erosão (Figura 7).

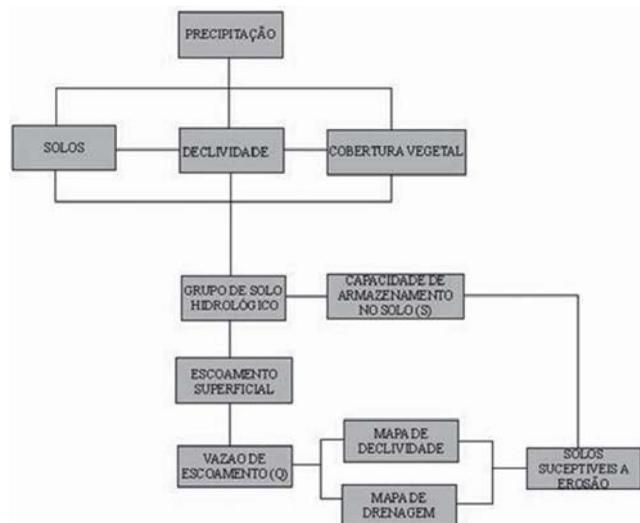


Figura 5 - Fluxograma do modelo da dinâmica do escoamento superficial dos solos de Serra Talhada, município do semi-árido de Pernambuco.

Para se chegar aos resultados do modelo, foram aplicados o método do MHCN (SCS, 1972) e o método do HU (GPRH, 2000) para fins de comparações com as características físicas da bacia hidrográfica do rio Pajeú (área, declividade, tipos de solos, cobertura da terra) identificadas no trecho que compreende o município de Serra Talhada (Figura 3 e 6).

Ajustado a aplicação das metodologias e seus resultados com as respectivas etapas do projeto, foi feita a delimitação das áreas propensas ao escoamento superficial com base nas informações topográficas plani-altimétricas do Modelo Digital do Terreno (MDT). A partir do MDT e utilizando recursos específicos do software ArcView, foi gerada a carta de curvas de nível, que serviu como base para a representação da declividade da área estudada (Figura 6). Esta mesma carta foi utilizada para definir as direções de fluxo da drenagem na área, permitindo determinar também, os locais onde o escoamento é mais dinâmico.

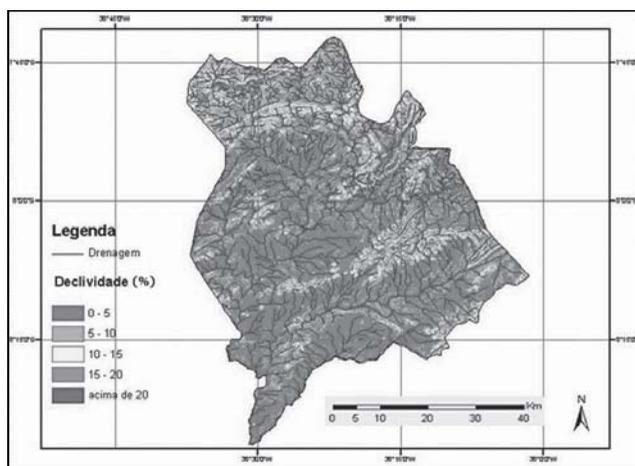


Figura 6 - Mapa indicando o potencial da drenagem em solos de Serra Talhada, município do semi-árido de Pernambuco.

O método da CN foi um importante parâmetro para a identificação dos valores correspondentes as áreas mais propensas aos maiores fluxos do escoamento superficial, a partir da precipitação efetiva considerada. Os resultados foram combinados com o GHS dos solos (Tabela 1) para criar uma classificação do escoamento superficial da área com base em cada uma das suas classes. Para tanto, foi necessário separar as classes pedológicas mapeadas para a bacia hidrográfica de acordo com os dados da EMBRAPA (2006).

Desse modo, a determinação do parâmetro do MHCN, tornou-se muito útil no emprego dos dados do ZAPE, permitindo analisar a relação dos solos na bacia hidrográfica e sub-bacias com a dinâmica do fluxo da drenagem, para se determinar a influência do escoamento superficial na erosão. Durante este processo foi possível identificar a ocorrência de diferentes tipos de solos em uma mesma sub-bacia, o que permitiu uma determinação ponderada do valor da CN para

identificar os seus domínios, que de acordo com o processamento dos dados no computador, foi gerado o mapa das áreas propensas a maior escoamento superficial (Figura 7). A imagem gerada representa as maiores altitudes da área

e, é nestes locais onde o escoamento superficial é mais atuante influenciando a susceptibilidade à erosão dos solos. Cabe ainda observar que nas áreas mais rebaixadas, o escoamento é lento e os solos são mais desenvolvidos e mais profundos.

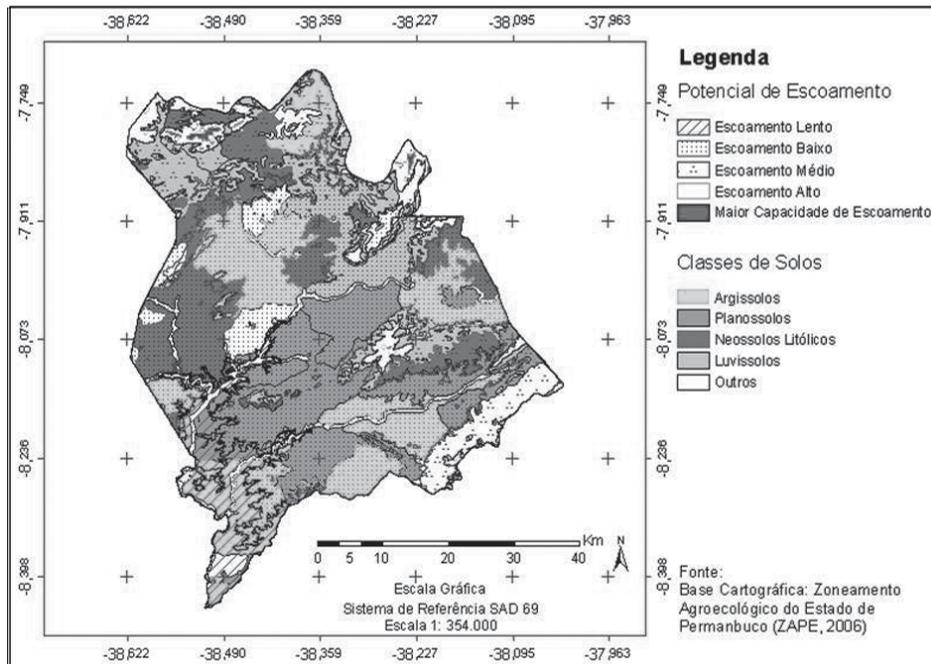


Figura 7 - Mapa indicando as áreas susceptíveis ao potencial do escoamento superficial na erosão dos solos no município de Serra Talhada, localizado no semi-árido de Pernambuco.

## Considerações Finais

O método da CN tem sido muito utilizado para o dimensionamento das correlações entre a drenagem, o escoamento superficial e os tipos de solos. Com esses objetos de referência é possível fazer uma análise das áreas com solos susceptíveis à erosão. Nesse sentido, o escoamento superficial das águas da precipitação efetiva anual no município de Serra Talhada-PE tem contribuído para a erosão, principalmente em função dos grupos de solos predominantes, que em sua maioria são rasos ou com pouca profundidade e textura argilosa. Essas características contribuem para o aumento do escoamento superficial das águas, com arraste da fração granulométrica mais fina do solo, trazendo prejuízo para sua fertilidade.

A partir dos valores obtidos para a CN com os dados das precipitações do ano de 2008 e de solos nas condições CN-I e CN-III, foi possível identificar as áreas de maior fluxo e recarga d'água, bem como as mais susceptíveis à erosão, como resultado da influência do escoamento superficial para uma precipitação efetiva. Essas áreas apresentam um baixo potencial de infiltração e permanência da umidade do solo. Porém, estão mais susceptíveis ao transporte de sedimentos e, por extensão, para o empobrecimento e perda dos nutrientes do solo.

Com relação à utilização das ferramentas de geoprocessamento mencionadas, pode-se afirmar que se tem um ganho ao longo do processo, tanto em termos de tempo de trabalho, como de qualidade das informações e produtos obtidos.

Quanto aos resultados obtidos na simulação do escoamento superficial, pode dizer que sua contribuição está na identificação das áreas mais susceptíveis ao escoamento dinâmico, cujas consequências podem ser observadas na erosão efetiva dos solos a partir da declividade do terreno, aqui identificados, por extensão, como lento, baixo, médio, moderado, difuso e alto. Esses resultados podem servir para o auxílio ao planejamento e gerenciamento da bacia hidrográfica e sub-bacias de drenagem, carentes de dados hidrológicos e sujeitas a constantes mudanças no uso e cobertura do solo.

Quando se considera na modelagem ambiental a ação conjunta das precipitações efetivas sobre os solos, a declividade e a cobertura do terreno é possível estimar e simplificar suas consequências efetivas, principalmente em função da dinâmica do escoamento superficial com base nos valores da vazão para uma chuva para fins de comparação com o ritmo da erosão e as características físicas da bacia hidrográfica. Os resultados indicarão as áreas mais sensíveis

e propensas aos efeitos do escoamento d'água. Além disso, pode-se estimar o tempo de permanência da água dentro da bacia e os principais fluxos da erosão, para fins do planejamento das atividades agrícolas.

### Referências Bibliográficas

ANA – Agência Nacional de Águas. Brasil, 2008.

ANAIS XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 – 10, abril, 2003, INPE, p. 2427 - 2434.

CHRISTOFOLETTI, A., Modelagem de Sistemas Ambientais. Editora Edgard Blücher, São Paulo, 1999, 236p.

DRUCK, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds) “Análise Espacial de Dados Geográficos”. Brasília, EMBRAPA, 2004.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

GENOVEZ, A. B. Vazões máximas. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Org.). Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001. cap 3, p. 33-112.

GPRH - Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos. Universidade Federal de Viçosa, 2000. <http://www.ufv.br/dea/gprh>.

MACK, M. J., HER-Hidrologic evaluation of runoff; the soil conservation service curve curve number technique as an

interactive computer model. Computer & Geosciences, vol 21, 8:929-935, 1995.

MONTOYA, M. A. P.; Claros, M. E. A. C.; Medeiros, J. S. de. Identificación de las áreas con riesgo de inundación y deslizamiento en la cuenca del Rio Buquira en el Municipio de São José dos Campos – SP utilizando las técnicas de sensoriamiento remoto y geoprocetamiento. São José dos Campos. INPE. Diciembre. 1999. Trabalho do Curso Internacional em Sensoriamiento Remoto do INPE.

LAMEPE – Laboratório de Meteorologia de Pernambuco. Disponível em: <http://www.itep.br/LAMEPE.asp>. Acesso em 14/12/2008.

LOMBARDI NETO, F.; Junior, R. B.; Lepsh, I. G.; Oliveira, J. B.; Bertolini, D.; Galeti, P. A.; Drugowich, M. I., Terraceamento Agrícola. Boletim téc. 206, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, CATI, Campinas, 1991, 39 p.

ROSS, J. L. S. *Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados*. Revista do Departamento de Geografia - FFLCH-USP, N.9. 1994. p p. 63-74.

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

TUCCI, C. E. M. Modelos hidrológicos. Porto Alegre: Ed.UFRGS, 2000.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

ZAPE – Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco, 2001.