

# ESTIMATIVA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL A PARTIR DIFERENTES CLASSIFICAÇÕES HIDROLÓGICAS DO SOLO: APLICAÇÃO NA BACIA DO RIACHO GAMELEIRA – PE

*Thiago Alberto da Silva Pereira<sup>1\*</sup>; Alfredo Ribeiro Neto<sup>2</sup> & Suzana Maria Gico Montenegro<sup>2</sup>*

**RESUMO** – A estimativa do escoamento superficial se reveste de importância, pois a partir deste é possível dimensionar estruturas hidráulicas e fazer planejamento agrícola. Dentre os métodos utilizados para estimar o escoamento superficial destaca-se o método desenvolvido pelo *Soil Conservation Service* (SCS), dos EUA, que classifica o solo em quatro grupos em função da capacidade de infiltração dos mesmos. No entanto, esta classificação foi desenvolvida utilizando solos americanos, e existe uma preocupação se este método se adapta aos solos brasileiros. Assim, foi desenvolvida uma classificação alternativa para solos do Estado de São Paulo. Logo é importante analisar os resultados do método de classificação proposto para os solos do Nordeste brasileiro. Diante disso, este trabalho tem o objetivo de avaliar o escoamento superficial na bacia do Rio Gameleira, no Estado de Pernambuco, utilizando as diferentes classificações hidrológicas. Os resultados mostraram que a classificação para solos brasileiros apresentou melhores resultados e que as distribuições temporais da precipitação nos eventos observados podem determinar o comportamento dos valores de escoamento superficial obtido.

**Palavras-Chave** – Escoamento Superficial, Nordeste, Método SCS.

## ESTIMATE OF RUNOFF FROM DIFFERENT RATINGS HYDROLOGICAL SOIL: APPLICATION IN GAMELEIRA RIVER BASIN - PE

**ABSTRACT** – The estimated runoff is of importance, since from it you can scale hydraulic structures and make agricultural planning. Among the methods used to estimate the runoff highlights the method developed by the Soil Conservation Service (SCS), U.S., which classifies the soil into four groups depending on the infiltration capacity of the same. However, this classification has been developed using American soil, and there is a concern if this method adapts to the ground brazilian. An alternative classification has been developed for soils of the State of São Paulo. Thus, it is important to analyze the results of the classification method proposed for soils of the Brazilian Northeast. This study aims to evaluate the runoff Gameleira River Basin in the State of Pernambuco, using the different hydrological ratings. The results demonstrated that the classification for the Brazilian soils showed that the best results and temporal distributions of observed events in the precipitation may determine the behavior of the estimated runoff values.

**Keywords** – Runoff, Northeast, SCS Method.

### DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

O escoamento superficial é uma das fases do ciclo hidrológico de grande importância, pois a sua adequada estimativa pode evitar grandes prejuízos, contribuindo para o dimensionamento de estruturas hidráulicas, previsão de inundações urbanas e planejamento agrícola. Dentre os vários

---

1) Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão. Rodovia AL 145, Km 3, nº 3849, Bairro Cidade Universitária - Delmiro Gouveia - AL thiago\_alb@hotmail.com

2) Universidade Federal de Pernambuco- UFPE. Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife – PE. ribeiront@gmail.com; suzanam@ufpe.br

métodos existentes para estimar o escoamento superficial, um dos mais utilizados é o método “SCS” (Oliveira et al.,2011). Este método de análise hidrológica foi desenvolvido pelo *Soil Conservation Service* (SCS), dos Estados Unidos da América.

A metodologia do SCS faz uso da classificação realizada em solos americanos onde foram reunidos em quatro grandes grupos, conforme sua capacidade de infiltração e produção de escoamento, sendo a cada um deles atribuído uma letra (A, B, C e D). Assim, existe uma preocupação de avaliar se a classificação supracitada se adapta aos solos brasileiros, desta forma, conforme Sartori et al. (2005) cita, alguns autores desenvolveram pesquisas no intento de propor uma nova classificação hidrológica dos solos, os quais são: Setzer e Porto (1979); Lombardi Neto et al. (1989); Kutner et al. (2001) e Sartori (2004). No entanto, estes autores desenvolveram seus estudos para solos da região Sudeste, sobretudo no Estado de São Paulo, logo é importante analisar os resultados dos métodos de classificação proposto para solos brasileiros em bacias do Nordeste.

Assim, este trabalho objetiva avaliar o escoamento superficial na bacia do Rio Gameleira, no Estado de Pernambuco; a partir de duas classificações hidrológicas diferentes dos solos, uma proposta pelo *Soil Conservation Service* e outra por Sartori (2004) utilizando o método “SCS”.

## **CLASSIFICAÇÕES HIDROLÓGICAS DOS SOLOS**

Na hidrologia, a classificação dos solos está relacionada com os objetivos: escoamento superficial e infiltração. Adotando esses critérios, o SCS formou os grupos hidrológicos do solo baseando-se na premissa de que os perfis de solos com características semelhantes (espessura, textura, conteúdo de matéria orgânica, estrutura e grau de expansão) responderão de forma semelhante a uma chuva de duração e intensidade considerável. Resultou-se, então, em uma série com os principais solos dos Estados Unidos e seus potenciais foram determinados através de estudos em pequenas bacias. As características destes grupos de solos são apresentadas na Tabela 1.

Observa-se, na definição dos grupos hidrológicos do solo, apresentada pelo SCS, o maior enfoque está na textura do solo. No grupo C estão os solos de textura moderadamente fina a fina, ou seja, solos com silte e argila. Os solos argilosos pertencem ao grupo D. Isso pode induzir a maioria dos usuários do método no Brasil a considerar apenas a textura superficial do solo para enquadrá-los em um dos grupos hidrológicos provocando subestimativa e superestimativa dos volumes escoados (Sartori et al., 2005).

Por sua vez, Sartori (2004) utilizando a metodologia apresentada por Lombardi Neto et al. (1989), que utilizou o Levantamento e Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo, elaborou

uma proposta de classificação que considera as principais características dos solos: a profundidade; a textura; a razão textural<sup>3</sup> entre o horizonte superficial e subsuperficial; e a permeabilidade, para a nomenclatura instituída pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos concluída em 1999, a proposta para o enquadramento das classes solos é apresentada na Tabela 2.

Tabela 1 – Classificação Hidrológica do Solo pelo SCS (Sartori, 2004).

Grupo	Característica	Taxa de Infiltração (mm/h)
A	Baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração, consistindo areias ou cascalhos.	< 7,62
B	Moderada taxa de infiltração, com textura moderadamente fina a grossa.	3,81 a 7,62
C	Baixa taxa de infiltração, com textura moderadamente fina e baixa taxa de infiltração.	1,27 a 3,81
D	Alto potencial de escoamento, solos argilosos.	< 1,27

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Modelo SCS

O método SCS é um modelo empírico que permite estimar o volume e a distribuição do escoamento superficial. Pode-se dizer que o modelo é subdividido em duas partes: a) estimativa da Chuva excedente; b) cálculo do hidrograma de escoamento superficial. A chuva excedente é determinada pela seguinte equação:

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

Onde: Q corresponde ao volume do escoamento superficial, em mm;

P igual à precipitação, em mm; e

S equivale ao potencial máximo de retenção de água no solo, em mm.

Esta equação é válida apenas para evento que a precipitação é maior do que 20% do potencial de retenção do solo, o termo  $0,2 \cdot S$  é a abstração inicial, ou seja, as perdas iniciais. O parâmetro S é estimado em função da curva número (CN) e S está relacionado a ele por:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

Em seguida, o SCS aproximou o hidrograma unitário adimensional curvilíneo (HUC) por um hidrograma unitário adimensional triangular (HUT). As equações a seguir são utilizadas na determinação do hidrograma unitário triangular para uma determinada bacia hidrográfica:

<sup>3</sup> Relação entre o teor médio de argila do horizonte subsuperficial B e o teor médio de argila do horizonte superficial A.

$$t_p = \frac{D}{2} + 0,6 \cdot t_c \quad (3)$$

$$D = 0,133 \cdot t_c \quad (4)$$

$$t_b = 2,67 \cdot t_c \quad (5)$$

$$Q_p = \frac{2,08 \cdot A}{t_p} \quad (6)$$

Onde:  $t_p$  = tempo de pico em horas; D = duração do evento em horas;  $t_c$  = tempo de concentração, neste caso calculado pelo método de Kirpich; A = área de drenagem do local estudado; e  $Q_p$  = Vazão de pico.

Tabela 2 - Classificação hidrológica do Solo para as condições brasileiras (Sartori, 2004).

<p><b>Grupo Hidrológico A</b> LATOSSOLO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO, ambos de textura argilosa ou muito argilosa e com alta macroporosidade; LATOSSOLO AMARELO E LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial não arenoso.</p>
<p><b>Grupo Hidrológico B</b> LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; LATOSSOLO BRUNO; NITOSSOLOVERMELHO; NEOSSOLO QUARTZARÊNICO; ARGISSOLO VERMELHO ou VERMELHO AMARELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.</p>
<p><b>Grupo Hidrológico C</b> ARGISSOLO pouco profundo, mas não apresentando mudança textural abrupta ou ARGISSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; CAMBISSOLO de textura média e CAMBISSOLO HÁPLICO ou HÚMICO, mas com características físicas semelhantes aos LATOSSOLOS (latossólico); ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO; NEOSSOLO FLÚVICO.</p>
<p><b>Grupo Hidrológico D</b> NEOSSOLOLITÓLICO; ORGANOSSOLO; GLEISSOLO; CHERNOSSOLO; PLANOSSOLO; VERTISSOLO; ALISSOLO; LUVISSOLO; PLINTOSSOLO; SOLOS DE MANGUE; AFLORAMENTOS DE ROCHA; Demais CAMBISSOLOS que não se enquadram no Grupo C; ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta.</p>

Através das equações mostradas anteriormente é possível encontrar um Hidrograma Unitário Triangular com chuva de 1 mm e duração calculada na equação 4. Para precipitações diferente de 1 mm, estima-se os hidrogramas unitários para a mesma duração e realiza a superposição das ordenadas dos hidrogramas a partir do método da convolução.

## Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Riacho Gameleira possui uma área aproximada de 16,3 km<sup>2</sup>. Nesta bacia, o Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco, mantém uma bacia experimental fazendo o monitoramento das variáveis hidrológicas, numa área de controle igual à 6,5 km<sup>2</sup>. Na Figura 1 são apresentados os mapas de tipo e ocupação dos solos.

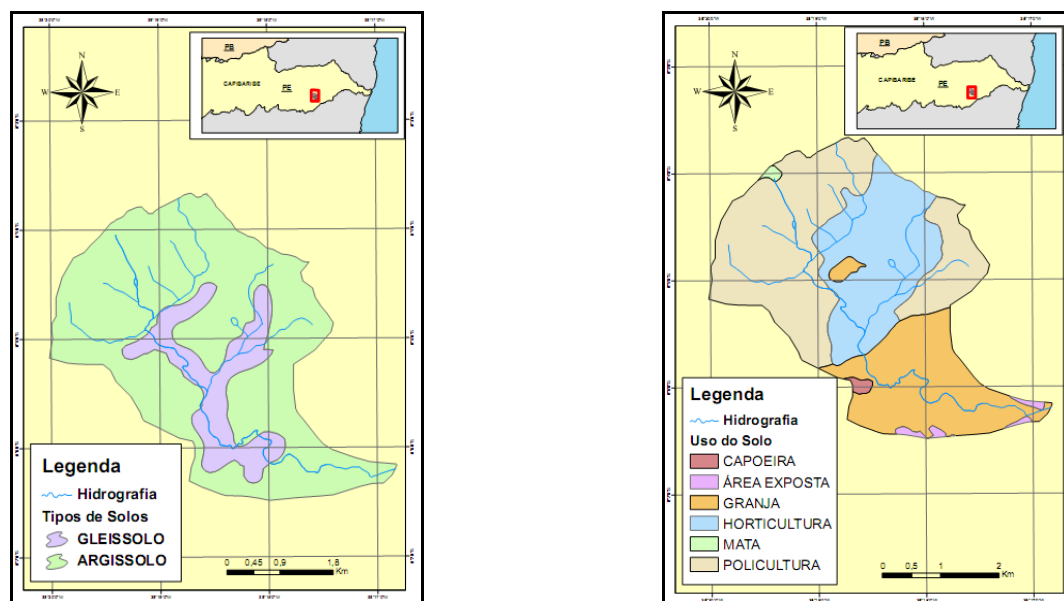


Figura 1 – Tipo e Uso dos Solos na Bacia do Riacho Gameleira (Silva, 2010).

## Eventos Observados

Em relação aos dados hidrológicos do local de estudo, foram selecionados 4 eventos com o intuito de avaliar o desempenho das classificações hidrológicas do solo no que concerne a utilização do modelo de SCS para escoamento superficial. Salienta-se ainda, que foi realizado o método gráfico para separação dos escoamentos, com o objetivo de obter apenas o escoamento superficial.

## Simulação do Escoamento Superficial

Para a simulação realizou-se a junção dos parâmetros tipo e uso dos solos obtidos pela análise de tabulação cruzada, cujo produto final foram às áreas das intersecções entre os planos de informação de solo e de cobertura da terra. Na Tabela 3 encontra-se a classificação hidrológica dos solos da microbacia segundo Sartori (2004) e SCS. O CN médio foi estimado por meio de uma composição ponderada relacionando os diversos complexos hidrológicos solo-cobertura da terra ocorridos na bacia e os valores do CN.

Tabela 3 – Classificação Hidrológica no Solo

Solo	Sartori (2004)	SCS
Argissolo	B	C
Gleissolo	D	D

Assim, foram realizadas 8 simulações, 2 para cada evento selecionado, ou seja, um utilizando o valor da Curva Número encontrada utilizando-se a classificação de Sartori (2004) e a do SCS. Para as simulações realizadas, utilizou-se HUT para o cálculo do hidrograma de escoamento superficial. As Figuras 3 a 6 trazem os hidrogramas superficiais simulados e observados para os eventos selecionados, além dos hietogramas.

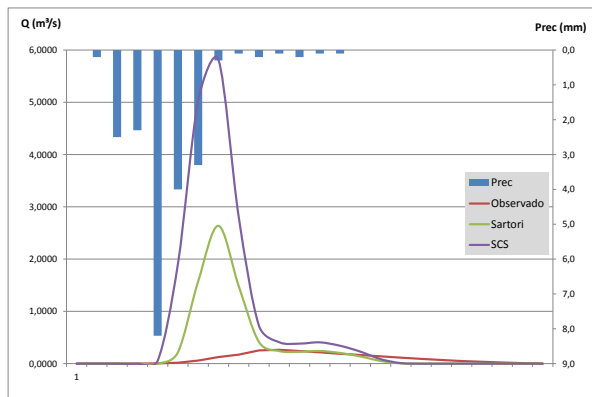


Figura 2 – Hidrogramas Observados e Simulados do Evento 1(10/02/2002).

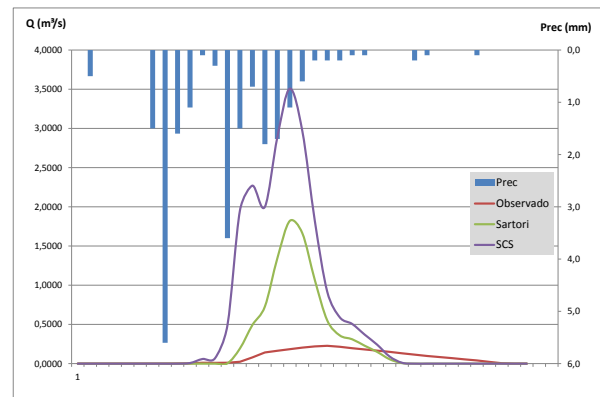


Figura 3 - Hidrogramas Observados e Simulados do Evento 2 (03/02/2002).

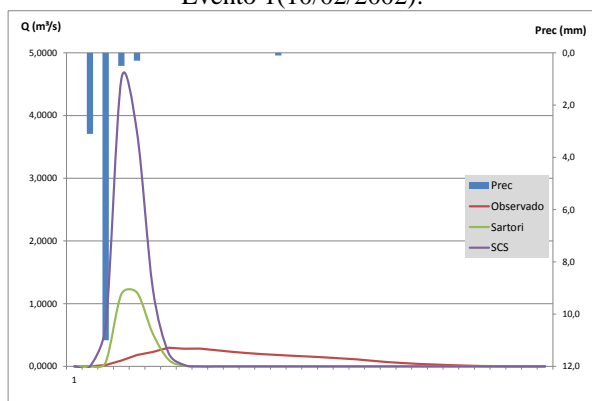


Figura 4 - Hidrogramas Observados e Simulados do Evento 3(15/12/2001).

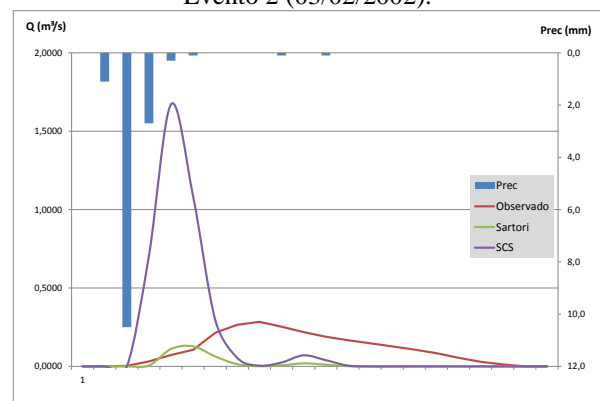


Figura 5 - Hidrogramas Observados e Simulados do Evento 4 (23/03/2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando-se as figuras anteriores, nota-se que as simulações realizadas não representaram bem a forma dos hidrogramas observados, no entanto as figuras permitem destacar ainda, que as simulações realizadas utilizando-se a classificação proposta por Sartori (2004) apresentam melhores resultados. Foram também analisados dois parâmetros que se fazem importantes no estudo de eventos hidrológicos deste tipo: precipitação efetiva (excedente) e a vazão máxima. Assim, as Figuras 7 e 8 trazem os valores encontrados para essas duas variáveis em comparação com os valores dos hidrogramas observados nos eventos selecionados.

Nota-se, analisando as Figuras 7 e 8, que o modelo de Sartori (2004) apresenta os melhores resultados, sobretudo para os eventos 3 e 4, com ressalva para o evento 4 que exibiu subestimativa,

sobretudo da chuva excedente o que evidencia que o modelo aqui testado deve ser utilizado com parcimônia. No entanto, em relação à vazão máxima o modelo forneceu o valor bem próximo do observado. Quanto ao evento 3, não houve subestimativa nas simulações, e a situação mais próxima do observado ocorreu na análise da precipitação excedente. A explicação pelo fato que os eventos 3 e 4 apresentam melhores respostas pode ser esclarecida pela distribuição temporal da chuva, conforme pode ser visto na Figura 8.

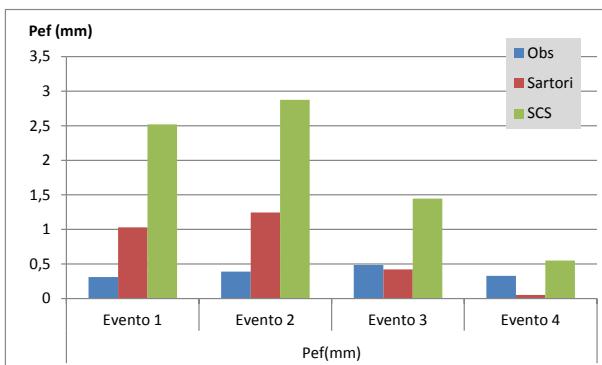


Figura 6–Precipitação Excedente Acumulada Simulada e Observada Para os Eventos Seleccionados

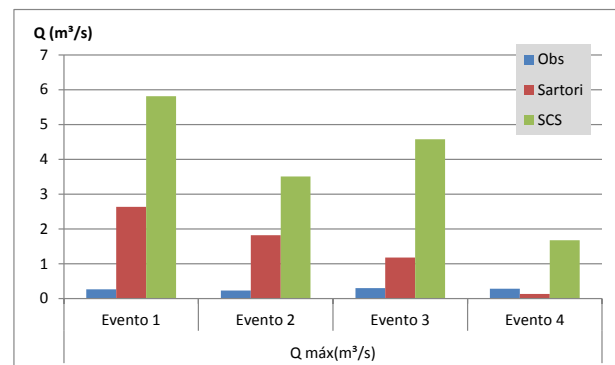


Figura 7 – Vazão Máxima Simulada e Observada Para os Eventos Seleccionados.

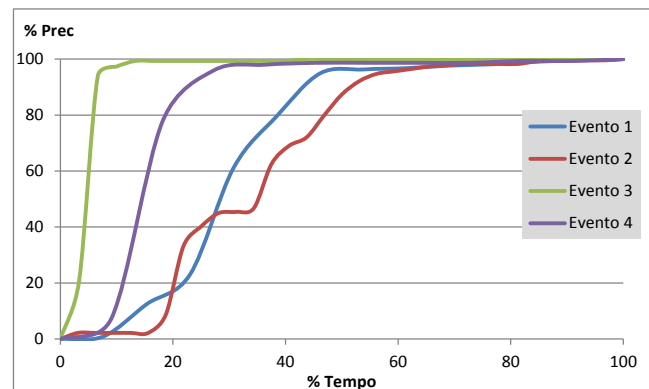


Figura 8 – Distribuição Temporal dos Eventos Analisados.

Mostra-se, a partir da Figura 9, que o evento 3 possui a distribuição temporal da chuva bem mais acentuada quando comparado com outros eventos, dado que com 10% do evento transcorrido já teria precipitado cerca de 80% do volume total. Em seguida, tem-se o evento 4 que possui comportamento semelhante ao 3. Justamente estes dois eventos são os que apresentam melhores resultados conforme indicado anteriormente. Presume-se, então, que essa classificação alternativa se ajusta melhor aos solos no Nordeste do Brasil, com relação à classificação do SCS, principalmente para eventos que a distribuição temporal da chuva é mais acentuada.

## CONCLUSÕES

O método SCS apresentou uma tendência em superestimar as vazões de pico e os volumes escoados, mesmo comportamento observado por Sartori et. al. (2005) na bacia do Ribeirão dos

Marins no Estado de São Paulo. Mostra-se, a partir das simulações realizadas, que a classificação proposta para solos brasileiros pode ser uma boa ferramenta para a estimativa de escoamento superficial para a realidade regional do Nordeste, pois com esta classificação obteve-se resultados mais próximos dos observados. Os melhores resultados foram encontrados nos eventos em que a distribuição temporal da chuva foi mais acentuada, lembrando que existem eventos que podem exibir subestimativas nos parâmetros hidrológicos a depender da forma da curva de distribuição temporal da chuva.

A classificação alternativa foi realizada utilizando informações para o Estado de São Paulo, portanto deve-se proceder com parcimônia ao utilizar esta metodologia no Nordeste. Em contrapartida, pode-se realizar a própria classificação ciente das dificuldades que serão encontradas na estimativa dos parâmetros dos solos.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à FINEP pelo financiamento ao projeto de pesquisa e ao CNPq por bolsa de Produtividade em Pesquisa do terceiro autor.

## **BIBLIOGRAFIA**

### a) Artigos em revista

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos. Parte 1: Classificação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos. Parte 2: Aplicação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.

### b) Dissertações

SARTORI, A. Avaliação da Classificação Hidrológica do Solo para a Determinação do Excesso de Chuva do Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos. Campinas, 2004. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - Universidade Estadual de Campinas.

SILVA, R. M. da. Análise das perdas de solo na Bacia do Rio Tapacurá mediante previsão climática e modelos de erosão. Recife, 2010. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Pernambuco.