

Desenvolvimento de um banco de dados geográfico para a estimativa do potencial de retenção em áreas de drenagem

Alexandro Gularte Schafer^{1,2}

Ruth Emilia Nogueira²

Claudia Robbi Sluter³

¹ Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA
Caixa Postal 07 – CEP 96413-170 - Bagé - RS, Brasil
alexandro.schafer@unipampa.edu.br

² Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Campus universitário, Sn, Trindade – CEP 88010-970 - Florianópolis - SC, Brasil

³ Universidade Federal do Paraná - UFPR
Caixa Postal 19001 – Centro Politécnico, Jardim das Américas - CEP 81531-990 - Curitiba - PR, Brasil
robbi@ufpr.br

Abstract. The Curve Number method (Soil Conservation Service Curve Number - SCS-CN) has been used for over fifty years to estimate the runoff from rainfall events. In application of the SCS-CN method, the great variability of the characteristics natural and land use results in a large amount of information being transferred to the model. There are tools designed to work with the SCS-CN method in GIS, such as tool ArcRunoff and CN Grid of HEC-GeoHMS. However, these approaches has a point common: they were developed as extensions to ArcView. Being thus, it is necessary this software to run the Arcview extensions. In order to enable the application of the SCS-CN using GIS technology to determine the potential retention catchments using free software, this article presents the partial development of a tool for calculating the CN based in the Database Management System PostgreSQL and Postgis spatial extension.

Palavras-chave: SIG, Spatial Database, SCS-CN.

1. Introdução

O método do Número de Curva de escoamento superficial (Soil Conservation Service Curve Number – SCS-CN) tem sido usado por mais de cinquenta anos para estimar o escoamento superficial a partir de eventos de chuva, sendo adotado em modelos de cálculo de escoamento superficial como o TR-55, TR-20, HEC-1 e HEC-HMS. Ponce e Hawkins (1996) examinaram o método criticamente e delinearam suas capacidades, limitações e usos. McCuen (1982) apresentou diretrizes para aplicações práticas do método em análises hidrológicas. Hawkins et al. (2009) apresentaram o estado atual da prática da metodologia SCS-CN.

O método SCS-CN também pode ser utilizado para avaliar a influência das alterações no que ocorrem no uso da terra e/ou características do solo no escoamento superficial. Segundo Hawkins et al. (2009), existem consideráveis possibilidades de aplicação do método no processo de tomada de decisão em questões ligadas à gestão territorial, embora atualmente ele ainda seja pouco utilizado para esse fim. O parâmetro do método que reflete as condições de uso da terra e tipo de solos é o CN (*curve number* - número de curva de escoamento), um valor adimensional que pode variar entre 0 e 100. A partir do CN, é possível estimar o máximo potencial de retenção de água de uma determinada área de drenagem em um determinado momento.

Para a determinação do CN e do máximo potencial de retenção, a grande variabilidade das características naturais e de uso do solo existentes em uma área de drenagem resulta numa grande quantidade de informações a serem analisadas. A utilização de SIG (aliado ao sensoriamento remoto) nesse processo auxilia na estimativa das características físicas (tipo de solo, uso da terra) que exercem influência no valor do parâmetro CN e, conseqüentemente, no valor do máximo potencial de retenção de uma área de drenagem. Segundo Cheng et al. (2006) a tecnologia SIG está se tornando uma importante ferramenta para a modelagem hidrológica devido a sua capacidade de manipular grandes quantidades de dados espaciais. Algumas de suas características, como a possibilidade de realizar álgebra de mapas e análises espaciais ajudam a derivar e agregar parâmetros hidrológicos a partir de diferentes fontes, como mapas de solos, mapas de uso da terra e dados de chuva.

Existem ferramentas desenvolvidas para trabalhar com o método SCS-CN em SIG, como o ArcRunoff (ZHAN E HUANG, 2004), a abordagem proposta por Xu (2006) e a ferramenta CN Grid do HEC-GeoHMS (FLEMING E DOAN, 2009). Entretanto, essas abordagens têm um ponto em comum: foram desenvolvidas como extensões para o ArcView. Assim, para utilizá-las é preciso adquirir a licença desse software.

Com o intuito de desenvolver uma ferramenta que permita a determinação do parâmetro CN e do máximo potencial de retenção em áreas de drenagem a partir de softwares gratuitos, este artigo apresenta o desenvolvimento parcial de um banco de dados geográfico utilizando o PostgreSQL e sua extensão espacial PostGIS.

1.1 O método SCS-CN

O método SCS-CN tem como base a equação do balanço hídrico (equação 1):

$$P = I_a + F + Q$$

E em duas hipóteses (equações 2 e 3):

$$\frac{Q}{P - I_a} = \frac{F}{S}$$

$$I_a = \lambda S$$

onde P é a precipitação total acumulada, I_a é a abstração inicial, F é a infiltração acumulada ($F = P - I_a - Q$), Q é o volume superficial acumulado (Q em mm), S é o máximo potencial de retenção do solo e λ é o coeficiente de abstração inicial.

A relação resultante, para $P > I_a$, é a seguinte (equação 4):

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P + S - I_a}$$

Segundo USDA (1986), através de estudos em pequenas bacias agrícolas determinou-se que o I_a se aproxima da seguinte equação empírica (equação 5):

$$I_a = 0.2S$$

Removendo I_a como um parâmetro independente, é possível utilizar a combinação de S e P para determinar a quantidade de escoamento. Substituindo a equação 5 na equação 4, tem-se (equação 6):

$$Q = \frac{(P-0.25)^2}{(P+0.85)}$$

Para determinar a máxima capacidade de retenção S, foi estabelecida uma escala onde a variável é um parâmetro denominado CN (curve number, traduzido no Brasil como curva número ou número de curva). Este parâmetro foi classificado de acordo com o tipo e uso do solo. A expressão que relaciona S e CN (em unidades métricas) é a seguinte (equação 7):

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

O valor do CN reflete o potencial de escoamento superficial. Teoricamente, os valores de CN podem variar de 0 a 100, mas na prática o USDA (1986) proporciona valores para coberturas permeáveis de 30 (superfícies em boas condições em solos tipo A) até 94 (para solos tipo D expostos). Para superfícies impermeáveis, inicialmente foi atribuído um CN=100 (SCS, 1972), que foi em seguida substituído por um CN=98. Sob as mesmas condições de precipitação, baixos valores de CN significam que a superfície tem um alto potencial de retenção de água. Valores de CN mais altos significam potencial de retenção mais baixo.

No caso de existir mais de um tipo de solo e/ou mais de uma classe de uso ou cobertura do solo em uma bacia, o CN médio para esta sub-bacia pode ser calculado por (equação 8):

$$\overline{CN} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * CN_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Onde A_i representa a área de uma parte da área de drenagem, CN_i é o CN dessa parte da área de drenagem e n é o total de partes na qual a área de drenagem foi dividida.

2. Metodologia de Trabalho

A modelagem do banco de dados geográfico segue as etapas de projeto de banco de dados sugeridas em Elmasri e Navathe (2005): modelagem conceitual, projeto lógico e projeto físico.

2.1 Modelagem conceitual

Para a modelagem conceitual do banco de dados, foi utilizado o modelo conceitual MADS (Modeling Applications Data With Spatio-Temporal Features) e a ferramenta MADS Schema Editor.

O MADS é um modelo de dados conceitual objeto-relacional e espaço-temporal, resultado de mais de dez anos de pesquisa, desenvolvimento e avaliação. As características mais importantes do MADS são: 1) é um modelo de dados conceitual, focado nos requisitos de modelagem de aplicações do mundo real; 2) proporciona um rico conjunto de construtores em quatro dimensões complementares de modelagem, isto é, para modelar estruturas de dados, entidades espaciais, entidades temporais, e entidades com múltiplas representações; 3) adota uma perspectiva ortogonal entre diferentes dimensões de modelagem a fim de alcançar o máximo poder de expressão; e 4) associado ao modelo está a questão da manipulação de dados e das linguagens de consulta (PARENT et al., 2006). Nas figuras 1 e 2 apresenta-se a notação estrutural e a hierarquia básica de tipos de dados espaciais do MADS, respectivamente.

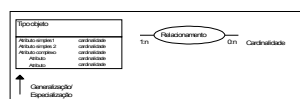


Figura 1: Notação estrutural do MADS.

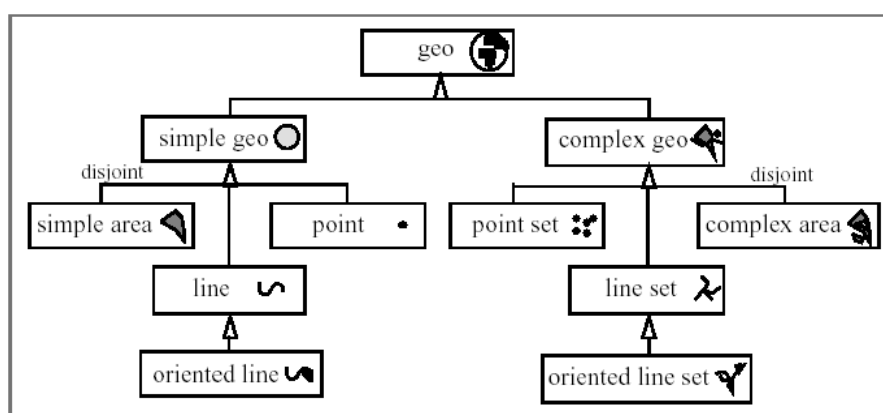


Figura 2: Hierarquia básica de tipos de dados espaciais no MADS.

2.2 Projeto lógico

A partir do modelo conceitual é gerado o modelo lógico. Neste nível é definido como as entidades serão armazenadas na estrutura do banco de dados. O modelo lógico depende do tipo de Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) que será utilizado na implementação.

O banco de dados será implementado no PostgreSQL (com sua extensão espacial PostGIS). O PostGIS é uma livreria gratuita e de código fonte aberto que habilita o SGBD objeto-relacional PostgreSQL a trabalhar com dados espaciais. O PostGIS proporciona mais de 300 operadores e funções espaciais (Obe e Hsu, 2010).

O software usado para inserção e manipulação dos dados no banco de dados geográfico desenvolvido será o pgAdmin III, desenvolvido pela pgAdmin Development Team.

2.3 Projeto físico – implementação do sistema

Após os modelos conceitual e lógico finalizados, realiza-se o modelo físico, que se trata da implementação propriamente dita do sistema.

Nessa etapa, será utilizada como área de estudo a bacia do Itacorubi, no município de Florianópolis-SC. O software usado para inserção e manipulação dos dados no banco de dados geográfico desenvolvido será o pgAdmin III. Para a visualização dos dados e dos resultados das consultas, será utilizado o TerraView.

3. Resultados e Discussões

3.1 Modelagem conceitual

A partir da análise do método SCS-CN, construiu-se o esquema conceitual do banco de dados geográfico. Esse esquema é apresentado na figura 3 e discutido a seguir.

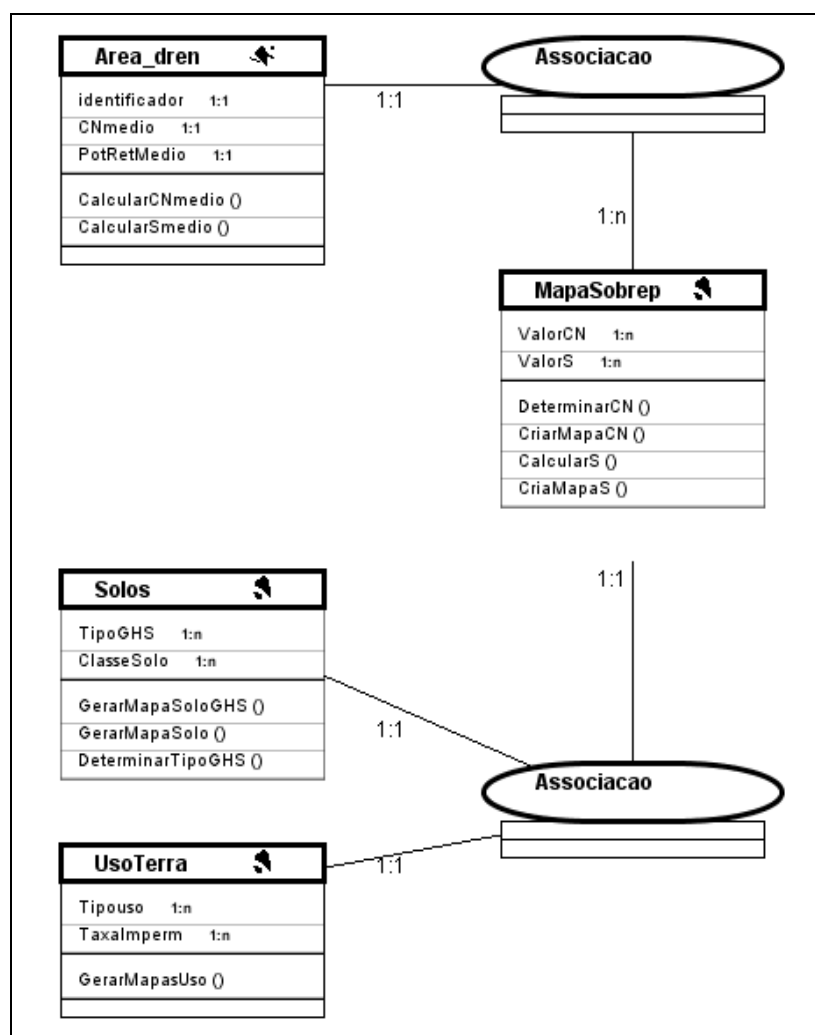


Figura 3 – Esquema conceitual

A área de drenagem foi definida como um objeto na modelagem conceitual. Para determinar-se o potencial de retenção médio da área de drenagem, é necessário calcular o CN dessa área. Os atributos da área de drenagem são o CN médio e o potencial de retenção médio da área. Em um dado instante no tempo, uma área de drenagem só pode ter um valor de CN médio e um valor de potencial de retenção médio. Sendo assim, os atributos têm cardinalidade 1:1. Os métodos definidos para esse objeto são: a) calcular o CN médio e b) calcular o potencial de retenção (S) médio. Esse objeto pode ser composto por diferentes geometrias, como linhas (representando canais) ou polígonos (representando os tipos de solo e uso da terra).

O objeto área de drenagem está ligado por associação ao objeto MapaSobrep, que tem como atributos o valor do CN e o valor do potencial de retenção. Em um dado instante, é possível ter um ou mais valores de CN e de potencial de retenção dentro da área de drenagem. Sendo assim, os atributos têm cardinalidade 1:n. Os métodos definidos para esse objeto são: a) determinar o valor do CN e b) do potencial de retenção para cada polígono que constitui esse objeto, c) criar um mapa de CN e d) criar um mapa de potencial de retenção a partir da

determinação desses valores. Quanto a geometria, esse objeto é composto por um ou mais polígonos, resultantes da operação de overlay entre os mapas de uso da terra e tipo de solo.

O objeto MapaSobrep está ligado por associação aos objetos UsoTerra e Solos, que representam o mapa de uso da terra e o mapa de solos (grupo hidrológico) de uma área de drenagem. Em um dado instante no tempo, para cada mapa de uso da terra e mapa de solos, só pode existir um mapa de sobreposição (MapaSobrep).

O objeto UsoTerra tem como atributos o tipo de uso da terra na área de drenagem e a taxa de impermeabilização referente a cada polígono que representa um tipo de uso. Em uma área de drenagem em um determinado instante no tempo, podem existir um ou mais tipos de uso da terra, que podem ter diferentes taxas de impermeabilização. Sendo assim, os atributos têm cardinalidade 1:n. O método definido para esse objeto é: gerar o mapa de uso da terra da área de drenagem. Quanto a geometria, esse objeto pode ser composto por um ou mais polígonos.

O objeto Solos tem como atributos o grupo de solos (referente ao grupo hidrológico de solos) e a tipo de solo (referente a classificação pedológica dos solos). Em uma área de drenagem em um determinado instante no tempo, podem existir um ou mais tipos de solos. Sendo assim, os atributos têm cardinalidade 1:n. Os métodos definidos para esse objeto são: a) determinar o grupo hidrológico a que os solos pertencem a partir da classificação pedológica do solo, b) gerar o mapa pedológico e c) gerar o mapa de solos de acordo com os grupos hidrológicos existentes na área de drenagem. Quanto à geometria, esse objeto pode ser composto por um ou mais polígonos.

3.2 Projeto lógico

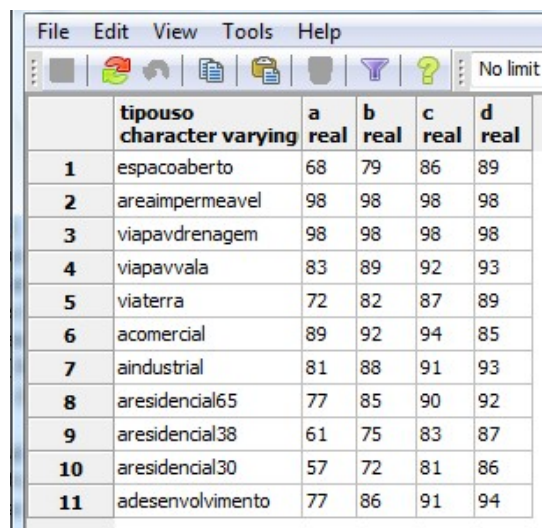
Atualmente, a pesquisa se encontra na etapa de projeto lógico, onde, estão sendo construídas as tabelas que fazem parte do banco de dados geográfico a partir do esquema conceitual apresentado na figura 3.

Inicialmente foram criadas as tabelas ‘solos’ e ‘usoterra’ com seus respectivos atributos. Em seguida, as colunas *geometry* foram adicionadas às tabelas e indexadas. A figura 4 apresenta a tabela ‘usoterra’ criada utilizando-se o pgAdmin.

	u_id [PK] integer	tipouso character var	taxaimp real	poliguso geometry
*				

Figura 4: tabela usoterra

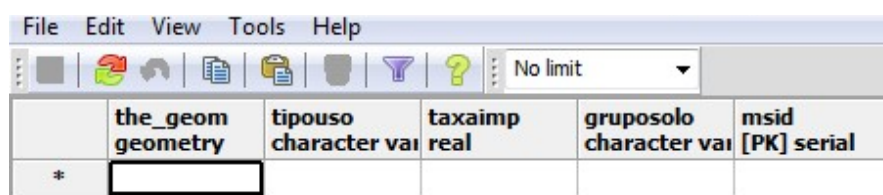
O próximo passo foi criar a tabela *lookup* CNlookup (figura 5), que contém uma coluna referente ao tipo de uso da terra e quatro colunas com os valores do parâmetro CN para os grupos hidrológicos de solos A, B, C e D. A seguir, inseriu-se os valores de CN para cada tipo de uso da terra e grupo hidrológico de solos, de acordo com os valores apresentados em USDA (1986).



	tipouso	a	b	c	d
	character varying	real	real	real	real
1	espacoaberto	68	79	86	89
2	areaimpermeavel	98	98	98	98
3	viapavdrenagem	98	98	98	98
4	viapavvala	83	89	92	93
5	viaterra	72	82	87	89
6	acomercial	89	92	94	85
7	aindustrial	81	88	91	93
8	aresidencial65	77	85	90	92
9	aresidencial38	61	75	83	87
10	aresidencial30	57	72	81	86
11	adesenvolvimento	77	86	91	94

Figura 5: tabela CNlookup

Após a criação da tabela CNlookup, criou-se a tabela ‘mapasobrep’. Essa tabela foi criada a partir das tabelas ‘solos’ e ‘usoterra’, utilizando-se os operadores *ST_Intersection* e *ST_Intersects* do PostGIS.



	the_geom	tipouso	taxaimp	gruposolo	msid
	geometry	character vai	real	character vai	[PK] serial
*					

Figura 6: tabela mapasobrep

Por fim, as colunas *geometry* das tabelas ‘solos’, ‘usoterra’ e ‘mapasobrep’ foram inseridas na coluna *geometry_columns*. Com isso, é possível visualizar as geometrias (polígonos referentes aos solos e uso da terra, além de polígonos provenientes do cruzamento dos primeiros) no Terraview.

O próximo passo na execução do projeto lógico será a definição da ligação das tabelas ‘usoterra’ e ‘solos’ com a tabela CNlookup e a adição de uma coluna com os valores de CN na tabela ‘mapasobrep’. Por fim, será criada uma tabela referente ao objeto Area_dren com seus respectivos atributos. A partir dessa tabela, se determinará os valores médios do parâmetro CN e do potencial de retenção de uma área de drenagem.

4. Conclusões

Apresentou-se neste artigo o desenvolvimento parcial de um banco de dados geográfico para a determinação do potencial de retenção em áreas de drenagem a partir da utilização do método SCS-CN. Na primeira fase do trabalho, o problema de determinação do CN e do potencial de retenção em áreas de drenagem foi contextualizado e a metodologia para o desenvolvimento do banco de dados geográfico foi definida. A partir da contextualização e definição da metodologia, o modelo conceitual foi construído e atualmente se está trabalhando no projeto lógico do banco de dados geográfico.

Com relação as dificuldades encontradas até o momento, ressalta-se os problemas com a ferramenta de edição de esquema do MADS, que apresenta uma simbologia diferente da

publicada na bibliografia (PARENT et al., 2006). Além disso, não é possível representar alguns relacionamentos e ligações da forma como essa bibliografia sugere.

Como ponto positivo, destaca-se a grande disponibilidade de documentação sobre o PostgreSQL e PostGIS, além da existência de diversos fóruns de discussão na internet. Isto vem auxiliando no aprendizado do PostgreSQL, do PostGIS e no desenvolvimento do banco de dados geográfico proposto.

Referências Bibliográficas

CHENG Q.; KOA C.; YUANA Y.; GEA Y.;ZHANGA S. GIS modeling for predicting river runoff volume in ungauged drainages in the Greater Toronto Area, Canada. **Computers & Geosciences**, v. 32 1108–1119, 2006.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. **Sistemas de banco de dados**. São Paulo: Person. 2005.

HAWKINS, R.; WARD, T.; WOODWARD, D; VAN MULLEM, J. Curve number hidrology: state of the practice. EUA: ASCE, 2009.

PANDIT, A.; HECK, H. H. Estimations of soil conservation service curve numbers for concrete an asphalt. **Journal of hydrologic engineering**, p. 335-345, 2009.

PONCE, V. M.; HAWKINS, R. H. Runoff curve number. Has it reached maturity? **Journal of hydrologic engeeniring**, Vol. 1, n. 1, p.11-19, 1996.

FLEMING, M; DOAN, J. HEC-GeoHMS: Geospatial Hydrologic Modeling Extension. Davis: U. S. Army Corps of Engineers, 2009.

MCCUEN, R. H. **A guide to hydrologic analysis using SCS methods**. New Jersey: Prentice-Hall, 1982.

OBE, R.; HSU, L. PostGIS in action. EUA: Manning Publications, 2010.

PARENT, C.; SPACCAPIETRA, S.; ZIMÁNYI, E. Conceptual modeling for Traditional and Spatio-Temporal applications: The MADS approach. Berlin: Springer, 2006.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Urban Hydrology for Small Watersheds**. EUA: USDA,1986.

XU, Y. A new curve number calculation approach using GIS technology. Esri 26th Int'l User conference. San Diego, 2006.

ZHAN, X; HUANG, M. ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps. **Environmental Modelling & Software**. V. 19, n. 10, p. 875-879, 2004.