

## **MODELAGEM CONCEITUAL DE UM BANCO DE DADOS ESPACIAL UTILIZADO PARA ESTIMATIVA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

CÉSAR HUEGEL RICHÁ<sup>1</sup>; EVERTON DE ALMEIDA LUCAS<sup>2</sup>; VIVIAN TEIXEIRA  
ALVES BRANCO<sup>3</sup>; ALEXANDRO GULARTE SCHAFFER<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pampa - cesarhuegel@live.com

<sup>2</sup>Universidade Federal do Pampa - evertoncerrito@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal do Pampa - viviantabranco@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal do Pampa - alexandro.schafer@unipampa.edu.br

### **1. INTRODUÇÃO**

A explosão populacional e o crescimento urbano acelerado das últimas décadas vêm causando um profundo impacto ambiental e socioeconômico. As mudanças na cobertura superficial do terreno relacionadas à ocupação humana, que variam espacialmente e ocorrem em diferentes níveis de intensidade ao longo do tempo, afetam vários componentes do ciclo hidrológico, direta ou indiretamente. Para controlar ou minimizar os impactos sobre os recursos hídricos gerados por este processo, faz-se necessária a articulação de sua gestão com a gestão territorial.

Neste contexto, uma importante questão é a estimativa do impacto das alterações que ocorrem no interior de uma bacia hidrográfica em termos de escoamento superficial direto. Diversas ferramentas computacionais desenvolvidas nos últimos anos possibilitam realizar essas estimativas. Como grande parte dos dados envolvidos em tais análises possuem uma componente espacial, faz-se uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) nesses estudos. Neste sentido, os Bancos de Dados Espaciais (BDEs) vêm sendo cada vez mais utilizados no desenvolvimento de sistemas de informação. Um BDE pode proporcionar meios para armazenar, processar, gerenciar e analisar os dados espaciais e alfanuméricos. A integração de modelos hidrológicos ao BDE possibilita, de maneira automatizada, a realização de estimativas do escoamento superficial direto, assim como, a análise quanto a sua distribuição espacial em uma bacia hidrográfica. Através dessa integração, torna-se possível extrair as informações válidas para determinado local em determinado cenário e estimar o escoamento superficial direto.

Uma fase importante no desenvolvimento de um banco de dados é a modelagem conceitual, que tem como principal objetivo refletir os requisitos da aplicação sem a necessidade de utilizar metáforas computacionais, que seja de fácil entendimento ao usuário e que seja completo, permitindo sua tradução para o modelo lógico sem qualquer interferência do usuário (Tryfona e Jensen, 1999). Neste contexto, este trabalho tem por objetivo apresentar a modelagem conceitual de um banco de dados espacial (BDE) utilizado para estimar o escoamento superficial em bacias hidrográficas.

### **2. METODOLOGIA**

Inicialmente contextualizou-se o problema da estimativa do escoamento superficial direto em bacias hidrográficas a partir do método do NRCS-CN (HAWKINS et al., 2009). Com base na contextualização do problema, foram definidos os requisitos aos quais o banco de dados espacial deveria satisfazer.

Em seguida, definiu-se como o sistema de informação deveria trabalhar. A Figura 01 apresenta o fluxograma com as principais etapas envolvidas na estimativa do escoamento superficial direto em uma bacia hidrográfica.

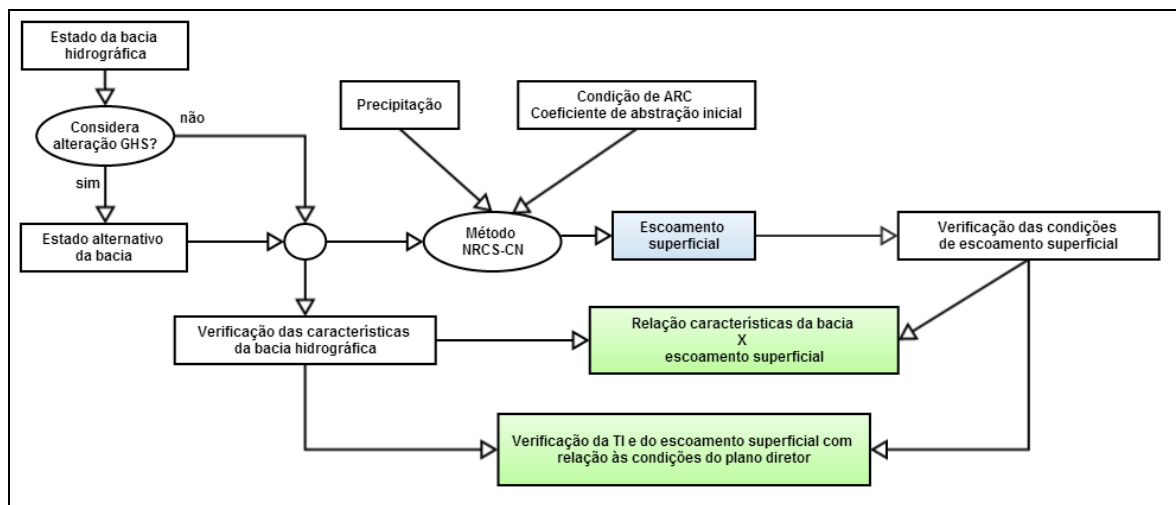


Figura 01: Etapas envolvidas na verificação das características da bacia hidrográfica e na estimativa do escoamento superficial direto.

Inicialmente, deve-se definir se a alteração nas características hidrológicas dos solos, causada pela urbanização, será considerada. Em caso afirmativo, deve ser gerado um novo cenário, reclassificando todos os solos que apresentar urbanização para o grupo hidrológico de solos D.

Na sequência, define-se o valor de precipitação acumulada, o coeficiente de abstração inicial e para qual condição de escoamento antecedente, a estimativa será realizada. Com base nestas variáveis aplica-se o método NRCS-CN para estimar o valor do escoamento superficial direto. Logo após, realiza-se a comparação dos valores de taxa de impermeabilização (TI) e escoamento superficial direto do respectivo cenário com o cenário de plano diretor, considerado como a situação limite para esses parâmetros.

Em seguida, determinam-se os volumes de escoamento produzidos em cada classe de cobertura superficial do terreno e em cada grupo hidrológico de solos. Verifica-se, então, a relação entre estas condições de escoamento superficial e as características da bacia hidrográfica. Estas características compreendem: a distribuição espacial e quantificação, das áreas de cobertura superficial do terreno, da impermeabilização e dos grupos hidrológicos de solos e, ainda, os valores médios de impermeabilização das áreas de interesse.

No contexto do presente trabalho, a modelagem do escoamento superficial é realizada diretamente no BDE, utilizando operadores por ele disponibilizados, por meio de consultas e rotinas desenvolvidas em SQL e Spatial SQL. Por fim, após a definição de todas as questões pertinentes, procedeu-se o desenvolvimento dos diagramas entidade relacionamento (E-R).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da modelagem conceitual do banco de dados espacial para a estimativa do escoamento superficial em bacias hidrográficas é apresentado em dois diagramas E-R: a) o diagrama da bacia hidrográfica (Figura 02); e b) o diagrama de estações de monitoramento (Figura 03). Com o intuito de facilitar o entendimento os atributos foram ocultados dos diagramas.

### 3.1 Diagrama de bacia hidrográfica

Uma bacia hidrográfica pode ser definida como um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus tributários, limitada pelo divisor de águas (CONCAR, 2007). A entidade “Bacia” representa a bacia hidrográfica (Figura 02).

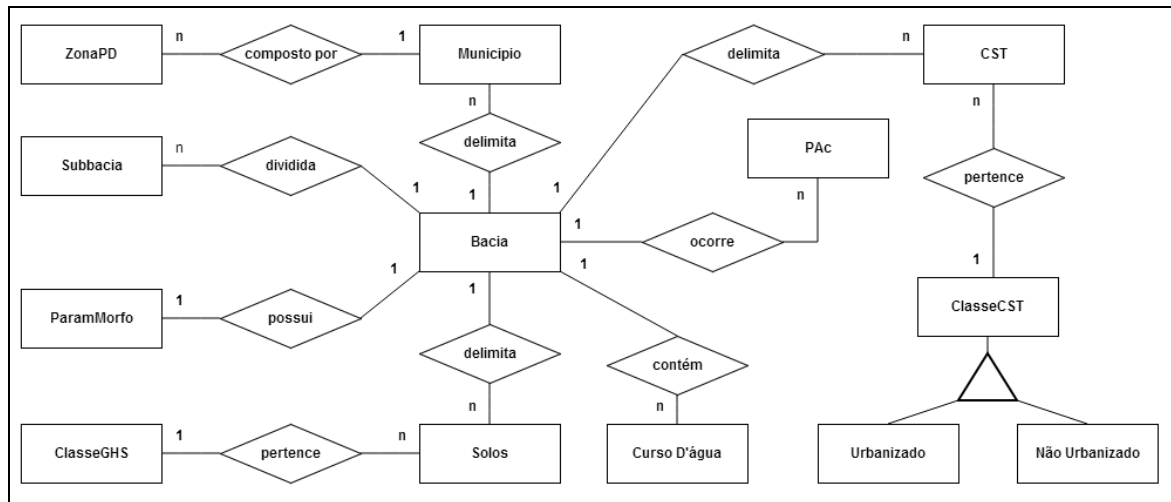


Figura 02: Diagrama da bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica contém o rio principal e seus afluentes representados pela entidade “Curso D’água”. Uma bacia hidrográfica pode ser subdividida em sub-bacias, que são áreas de drenagem de determinados rios afluentes.

A entidade “CST” representa a cobertura superficial do terreno, delimitada pela área da bacia hidrográfica. A entidade “ClasseCST” possui atributos que definem o tipo de CST e, para cada um destes, sua taxa de impermeabilização característica.

Os solos, classificados de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos (SiBCS), são representados pela entidade “Solos”. O relacionamento da entidade “Solos” com a entidade “ClasseGHS”, representa a realidade dos grupos hidrológicos de solos.

Os municípios são representados pela entidade de domínio espacial “Município”. Estes são compostos pelas suas respectivas zonas de uso e ocupação do solo, representadas pela entidade “ZonaPD”. A entidade “PAC” representa a precipitação que ocorre na bacia hidrográfica.

A heterogeneidade espacial na bacia hidrográfica é representada em três classes hierárquicas. A bacia hidrográfica, a sub-bacia e as unidades de recurso hidrológico (URH). Como as URHs são obtidas através da combinação da cobertura superficial do terreno e dos solos, elas não serão armazenadas no banco de dados, por isso não aparecem como entidade no modelo conceitual.

### 3.2 Diagrama de estações de monitoramento

Para a realização do cálculo do escoamento superficial direto é necessário que se tenha a precipitação armazenada. Os valores de precipitação podem ser obtidos: a) a partir de dados provenientes de estações de monitoramento; b) a partir de uma equação de chuvas intensas (ECI); ou c) a partir da definição do usuário. Apresenta-se abaixo, na Figura 03, o diagrama de estações de monitoramento.

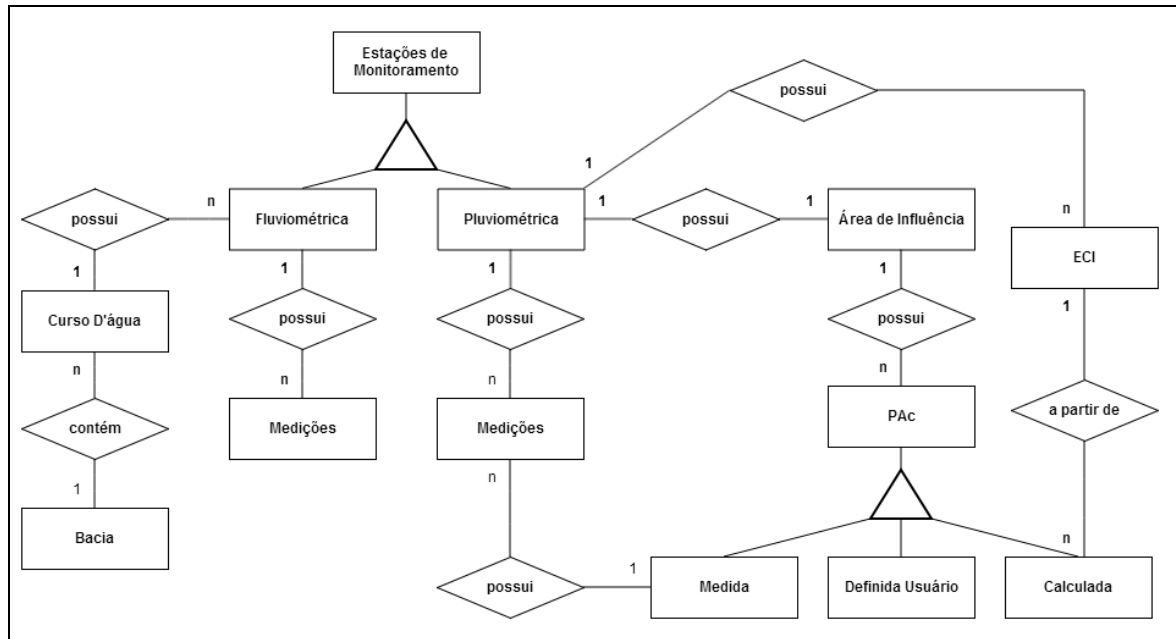


Figura 03: Diagrama de estações de monitoramento.

As estações de monitoramento são representadas pela entidade “Estações de Monitoramento”. Esta entidade é especializada em “Fluviométrica” e “Pluviométrica”. As estações pluviométricas possuem uma área de influência, estas possuem precipitações acumuladas que podem ser provenientes de uma ECI, de uma média das medições ou definida pelo usuário, esta característica do banco de dados está representada pela especialização da entidade “PAC” e seus relacionamentos.

As estações fluviométricas estão relacionadas com seus respectivos cursos d’água. Suas medições são representadas pelo relacionamento com a entidade “Medições”.

#### 4. CONCLUSÕES

A modelagem conceitual do banco de dados espacial para a estimativa do escoamento superficial direto auxiliou na definição das entidades e atributos que devem fazer parte do sistema a ser desenvolvido. Possibilitou também a definição dos relacionamentos entre as entidades.

As próximas etapas do trabalho compreendem a modelagem lógica do banco de dados espacial, sua implementação e, por fim, uma aplicação real do método de estimativa do escoamento superficial em uma bacia hidrográfica.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. **Sistemas de banco de dados**. 4. Ed. São Paulo: Pearson, 2005.

HAWKINS, R. et al. **Curve Number hydrology: state of the practice**. EUA: ASCE, 2009.

PORTO, R. L. et al. Drenagem urbana. In: TUCCI, C. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007.