

# **Um procedimento para a correção de geometrias de uma bacia hidrográfica em um banco de dados espacial**

César Huegel Richa<sup>1</sup>; Alexandro Gularte Schafer<sup>2</sup>

Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

Campus Bagé

e-mail: <sup>1</sup>cesarhuegel@live.com; <sup>2</sup>alexandro.schafer@unipampa.edu.br

## **RESUMO**

Este artigo apresenta um procedimento para eliminação de inconsistências nas geometrias referentes às subbacias da bacia hidrográfica do rio Atuba, PR, Brasil, utilizando as funcionalidades da extensão espacial de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD). A metodologia adotada para tal procedimento consistiu de três etapas. A primeira e a segunda etapa consistiram da análise das geometrias no intuito de verificar a existência das inconsistências. Inicialmente realizou-se uma análise visual nas geometrias. A seguir, foram criadas consultas e rotinas em Structured Query Language (SQL) e SQL Procedural Language (PL/pgSQL), para uma verificação mais detalhada das inconsistências. Por fim, foram criadas consultas e rotinas em SQL, para eliminar as inconsistências encontradas. A partir do procedimento proposto, foi possível verificar e eliminar todas as inconsistências existentes entre as geometrias das subbacias e entre essas e a geometria da bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica, banco de dados espacial, PostGIS.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem à FAPERGS pelo incentivo através de Bolsa de Iniciação Científica e do auxílio financeiro referente ao edital pesquisador gaúcho (PqG) 2013.

## **1. INTRODUÇÃO**

A bacia hidrográfica do rio Atuba, localizada na região metropolitana de Curitiba, no Paraná, vem sofrendo um processo de urbanização no decorrer dos últimos trinta anos. Atualmente, é considerada a segunda bacia hidrográfica mais urbanizada de Curitiba e suas imediações (NUNES, 2007). O canal principal, com aproximadamente 32,43 km de extensão possui boa parte do seu percurso e de seus afluentes canalizados, tendo como afluente principal o rio Bacacheri. No período compreendido entre 1911 até os dias atuais, foram registrados diversos episódios pluviais intensos, o que provocou, em determinados locais, inundações com ocorrência de grande número de desabrigados e incalculáveis danos materiais para o poder público e para a população local.

Neste contexto, o monitoramento das alterações que vêm ocorrendo na bacia hidrográfica do rio Atuba, PR, e do seu impacto em termos de escoamento superficial é de suma importância. A verificação de quais foram as mudanças, onde ocorreram e que impactos causaram possibilita a formulação de medidas de mitigação e estratégias de reabilitação (Santillan et al., 2010).

Tendo como objetivo realizar o monitoramento das características (cobertura superficial do terreno, solos e taxa de impermeabilização) da bacia hidrográfica do rio Atuba, e os impactos de sua alteração no escoamento superficial direto, foi estruturado um banco de dados espaço-temporal (Schafer, 2012). Para isso, foi utilizado o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD)

PostgreSQL, com sua extensão espacial PostGIS. O software gvSIG foi utilizado para visualizar os dados armazenados no banco de dados.

Na estruturação do banco de dados espaço-temporal da bacia do rio Atuba, deparou-se com a existência de diversas inconsistências entre as geometrias dos arquivos shapefile que o compõe. No intuito de buscar soluções automatizadas para a eliminação destas inconsistências, evitando ainda os problemas ocasionados pela falta de interoperabilidade entre softwares, foram criadas consultas e rotinas em Structured Query Language (SQL), utilizando as funções disponíveis na biblioteca do PostGIS. O presente trabalho aborda a metodologia utilizada e os resultados obtidos no processo de verificação e correção dessas inconsistências.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Atuba (figura 01) faz parte da bacia hidrográfica do Alto Iguaçu e abrange a porção nordeste do município de Curitiba e partes dos municípios de Almirante Tamandaré, Colombo, Pinhais e São José dos Pinhais.

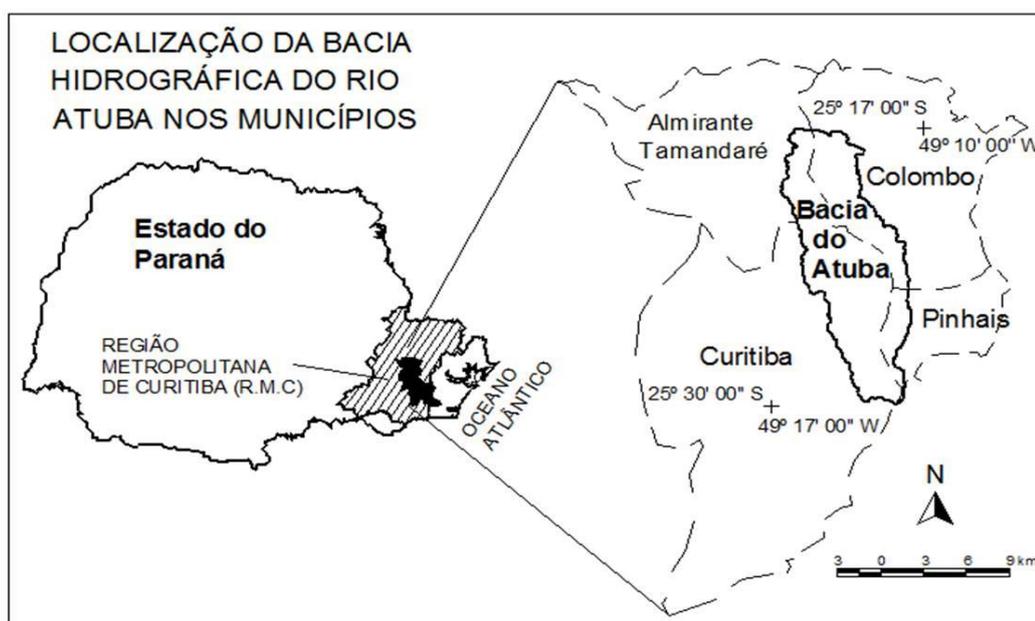


Figura 01: Localização da bacia hidrográfica do rio Atuba.

De acordo com a carta climática do estado do Paraná (Caviglione et al., 2000), a bacia hidrográfica do rio Atuba apresenta clima tipo Cfb (subtropical úmido mesotérmico), conforme a classificação de Köppen, com verões frescos e sem estação seca definida. A temperatura média é de 16,5°C, sendo a média para o mês mais frio de 12,6°C e para o mês mais quente igual a 20,1°C (IPEA, 2001). As chuvas são bem distribuídas, a precipitação pluviométrica média anual está na faixa de 904mm a 1451mm (Miranda, 2001).

Os latossolos são predominantes na área da bacia, com perfis profundos, textura argilosa, bem porosos e drenados. Localizam-se principalmente nas regiões das declividades menos acentuadas, onde os depósitos das encostas são mais espessos. Nas áreas das maiores declividades ocorrem os Cambissolos, que também são solos com textura argilosa, bem porosos e drenados, porém, com perfis de menor profundidade. Ao longo das margens do rio principal e junto a sua foz, são verificados os solos hidromórficos e orgânicos (Nunes, 2007).

Para fins de monitoramento e gerenciamento de dados, a Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do estado do Paraná (SUDERHSA)

adota, atualmente, a divisão da bacia do rio Atuba em três subbacias, como ilustrado na figura 02.

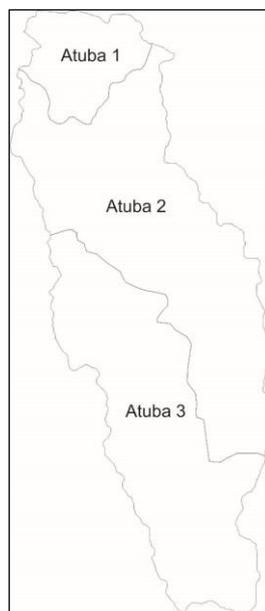


Figura 02: Subbacias da bacia hidrográfica do rio Atuba.

A sub-bacia Atuba 1 possui área de 13,706 km<sup>2</sup> e abrange parcialmente os municípios de Almirante Tamandaré e Colombo. A sub-bacia Atuba 2 possui área de 61,774 km<sup>2</sup> e abrange parte dos municípios de Almirante Tamandaré, Colombo e Pinhais. A Sub-bacia Atuba 3 possui área de 51,954 km<sup>2</sup> e abrange parte dos municípios de Curitiba e de São José dos Pinhais.

## 2.2 Método

Para eliminar as inconsistências entre as geometrias das sub-bacias e entre essas e a geometria da bacia hidrográfica, adotou-se a seguinte sequência de procedimentos:

- 1) Análise visual preliminar das geometrias;
- 2) Verificação das inconsistências entre as geometrias utilizando funções espaciais do SGBD;
- 3) Correção das inconsistências encontradas.

A análise visual das geometrias foi realizada no software gvSIG e teve como objetivo encontrar erros grosseiros entre as geometrias. A verificação das inconsistências entre as geometrias foi realizada no SGBD, utilizando as funções espaciais existentes na biblioteca da extensão espacial postGIS. O software gvSIG foi utilizado para a visualização dos resultados, a partir de uma conexão com o SGBD. A terceira e última etapa do trabalho compreendeu a criação de consultas e rotinas, utilizando as funções espaciais do postGIS, visando corrigir as inconsistências detectadas entre as geometrias.

Utilizou-se o PostgreSQL, versão 9.2, e sua extensão espacial PostGIS, versão 2.0. O PostGIS, é uma extensão do SGBD PostreSQL que adiciona um corpo de funções espaciais à linguagem padrão SQL, habilitando o SGBD a trabalhar com a geometria dos objetos de maneira similar às funções que trabalham com dados alfanuméricos (OBE; HSU, 2010). As consultas e rotinas foram elaboradas utilizando Structured Query Language (SQL) e SQL Procedural Language (PL/pgSQL), que é uma linguagem estrutural estendida da SQL que tem por objetivo auxiliar as tarefas de programação no PostgreSQL.

As funções utilizadas para o desenvolvimento das rotinas e consultas são descritas no quadro 01.

Quadro 01: Funções do PostGIS utilizadas para o desenvolvimento das consultas e rotinas.

Assinatura(s) da função	Descrição da função
<i>geometry ST_Intersection (geometry geomA, geometry geomB);</i>	Retorna uma geometria que representa intersecção entre geomA e geomB.
<i>geometry ST_Difference (geometry geomA, geometry geomB);</i>	Retorna uma geometria que representa a área de geomA que não pertence a geomB.
<i>geometry ST_Union (geometry g1, geometry g2);</i> <i>geometry ST_Union (geometry[] g1_array);</i>	Retorna uma geometria que representa a união de g1 e g2 ou de todas as geometrias de g1_array.
<i>float ST_Area (geometry g1);</i>	Retorna um float que representa a área de g1.
<i>geometry ST_SimplifyPreserveTopology (geometry geomA, float tolerance);</i>	Retorna uma versão “simplificada” de geomA usando o algoritmo de Douglas-Peucker, porém preservando sua topologia.
<i>geometry ST_Multi(geometry g1);</i>	Retorna a geometria como uma geometria MULTI *, se já é uma MULTI *, ela é retornada inalterada.
<i>geometry ST_Buffer(geometry g1, float radius_of_buffer);</i> <i>geometry ST_Buffer(geometry g1, float radius_of_buffer, text buffer_style_parameters);</i>	Retorna uma geometria que representa todos os pontos cuja distância a partir desta geometria é menor do que ou igual à distância.
<i>geometry_dump[] ST_Dump(geometry g1);</i>	Retorna um conjunto de geometry_dump que compõe g1. Pode ser utilizado para expandir MULTIPOLYGONS em POLYGONS.

### 3. RESULTADOS

Os resultados são apresentados em duas seções. Inicialmente, são apresentados os resultados quanto à verificação das inconsistências entre as geometrias das subbacias e entre as geometrias das subbacias e a geometria da bacia hidrográfica. Em seguida, são apresentados os resultados quanto ao desenvolvimento das consultas para a correção das inconsistências encontradas.

#### 3.1 Verificação das inconsistências entre as geometrias

A partir da realização da primeira etapa do trabalho, que consistiu na análise visual das geometrias referentes às subbacias da bacia hidrográfica do rio Atuba, Inicialmente notaram-se erros ao visualizar a união das geometrias das subbacias. A união foi executada através da função ST\_Union do postgis e visualizada no software gvSIG, que apresentou algumas falhas que coincidem com os limites entre duas geometrias. Estas falhas podem ser observadas na ilustração apresentada na figura 03.

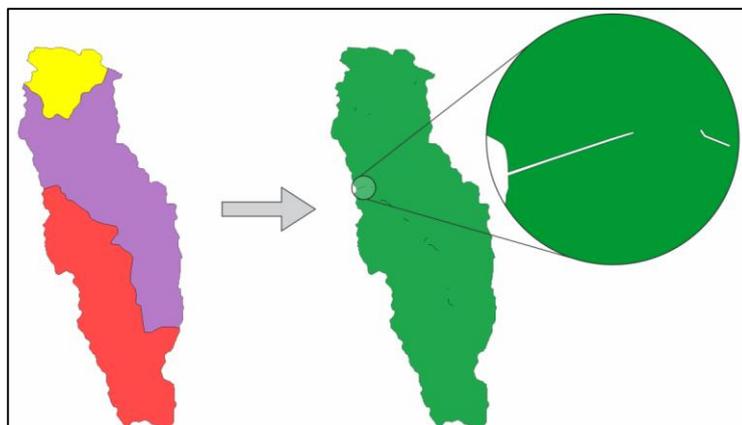


Figura 03: Visualização das inconsistências existentes entre as geometrias das subbacias.

Tomando-se por base as inconsistências visualizadas através do gvSIG, criou-se uma consulta para confirmar a existência destas entre as geometrias das subbacias e também entre as geometrias da bacia e das subbacias que a compõe. Apresenta-se na figura 04 a consulta criada e o resultado de sua execução, indicando *false* para a igualdade entre a geometria da bacia e a união das geometrias das subbacias.

```

SQL Shell (psql)
bdet=# select st_equals(geom_sb, geom_b) as "Equals" from bacia_gm, (select
      st_union(geom_sb) as geom_sb from subbacia_gm) as t;
 Equals
-----
      f
(1 registro)
bdet=#

```

Figura 04: Consulta para verificar a existência de inconsistências entre as geometrias.

Como os autores acreditavam que pudessem existir outras inconsistências, trabalhou-se na sua identificação, procurando também conhecer suas formas e suas localizações. Para tanto, foram desenvolvidas consultas em SQL, utilizando também funções espaciais do PostGIS que, visualizadas em camadas no gvSIG, pudessem representar todas as inconsistências existentes. No quadro 02 apresentam-se os scripts das consultas desenvolvidas para identificar os erros e inconsistências, juntamente com suas finalidades.

Quadro 02: Scripts das consultas criadas para identificar os erros e inconsistências nas geometrias

<b>Finalidade</b>	<b>Script da consulta</b>
Selecionar a intersecção de áreas das subbacias, ou seja, identificar áreas pertencentes a duas subbacias.	<i>select geom from (select st_intersection(s1.geom_sb, s2.geom_sb) as geom from subbacia_gm s1, subbacia_gm s2 where s1.gid_sb != s2.gid_sb AND s2.gid_sb &gt; s1.gid_sb) as it where st_area(geom) != 0;</i>
Selecionar a diferença entre a área da bacia e a área referente à união das subbacias, ou seja, identificar áreas onde os limites da bacia estão além dos limites das subbacias.	<i>select st_difference(geom_b, (select st_union(geom_sb) from subbacia_gm)) from bacia_gm;</i>
Selecionar a diferença entre a área da união das subbacias e a área da bacia, ou seja, identificar áreas onde os limites das subbacias excedem os limites da bacia.	<i>select st_difference((select st_union(geom_sb) from subbacia_gm), geom_b) from bacia_gm;</i>

Apresenta-se, na figura 05, a visualização, no gvSIG, do resultado da execução das consultas, apresentadas no quadro 02, para identificar os erros e inconsistências existentes entre as geometrias da bacia e das subbacias, e entre as geometrias de cada subbacia.

As áreas das geometrias das subbacias que se sobrepõe estão identificadas em vermelho na camada “*Intersecção\_subbacias*”. Já, as áreas da geometria da bacia não compreendidas pelas subbacias, estão identificadas em azul na camada “*Diferença\_bacia*”. Por fim, as áreas das subbacias que excedem os limites da bacia hidrográfica, estão representadas em verde na camada “*Diferença\_subbacias*”.

Analisando a figura 05, é possível verificar a grande quantidade de inconsistências entre as geometrias da bacia e das subbacias, e entre as geometrias das subbacias.

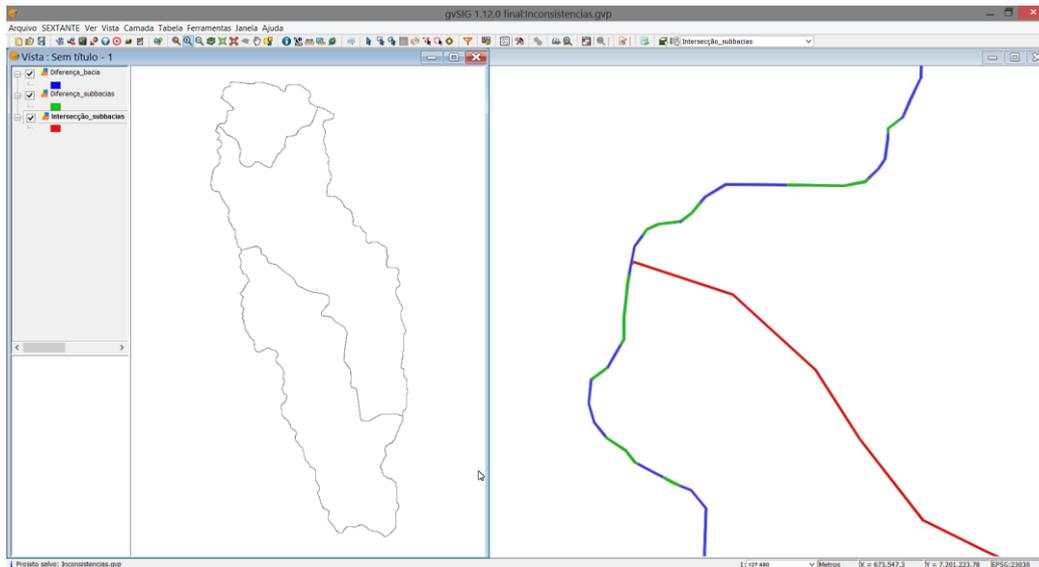


Figura 05: Visualização dos erros e inconsistências no software gvSIG.

### 3.2 Correção das geometrias

Para corrigir os problemas detectados, foram desenvolvidas rotinas em PL/pgSQL. No quadro 03, apresenta-se a rotina desenvolvida para criar as tabelas que receberão as geometrias corrigidas.

Quadro 03: Rotina responsável por criar as tabelas que receberão as geometrias corrigidas.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION CreateNewTable() RETURNS INTEGER AS $$
BEGIN
    drop table if exists subbacia_gm_new;
    create table subbacia_gm_new as select gid_sb, ST_SimplifyPreserveTopology(geom_sb, 0) as
geom_sb from subbacia_gm;
    drop table if exists bacia_gm_new;
    create table bacia_gm_new as select gid_b, oid_b, ST_SimplifyPreserveTopology(geom_b, 0) as
geom_b from bacia_gm; return 0;
END; $$ LANGUAGE plpgsql;
```

A rotina *CreateNewTable()* cria duas novas tabelas, *subbacia\_gm\_new* e *bacia\_gm\_new*, e nelas insere, respectivamente, as geometrias das subbacias e da bacia aplicando a função do PostGIS *ST\_SimplifyPreserveTopology(geom)*. Este procedimento evitará que erros de topologia ocorram e disparem *TopologyException* durante o processo de correção destas geometrias.

No quadro 04, apresenta-se a rotina *SBapplyBuffer(radius FLOAT)*, que expande os limites das geometrias das subbacias e, em seguida, os limita dentro da geometria da bacia. Esta rotina eliminará as diferenças entre a união das geometrias das subbacias e a geometria da bacia.

Quadro 04: Rotina responsável por eliminar as diferenças entre a união das geometrias das subbacias e a geometria da bacia.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION SBapplyBuffer(radius FLOAT) RETURNS INTEGER AS $$
BEGIN
    update subbacia_gm_new set geom_sb = st_multi(st_intersection((select geom_b from
bacia_gm_new), st_buffer(geom_sb, radius, 'join=mitre mitre_limit=2'))); return 0;
```

```
END; $$ LANGUAGE plpgsql;
```

A rotina *SBapplyBuffer(radius FLOAT)* aplica a função do PostGIS *ST\_Buffer(geometry g1, float radius\_of\_buffer, text buffer\_style\_parameters)* às geometrias das subbacias, expandindo seus limites de acordo com o valor de *radius*, em seguida, as geometrias são cortada pelos limites da bacia e, por fim, atualizadas na tabela *subbacia\_gm\_new*. A execução desta rotina garante que todas as áreas da bacia tenham classificação de subbacia. Este processo é ilustrado na figura 06.

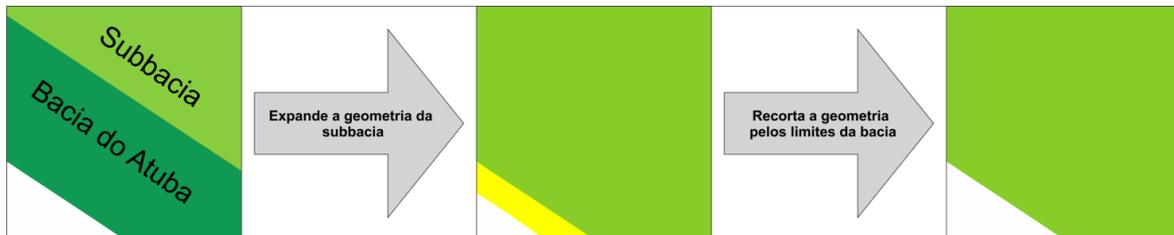


Figura 06: Ilustração das operações realizadas pela rotina *SBapplyBuffer(radius FLOAT)*.

Para eliminar as áreas com dupla classificação de subbacias, foi desenvolvida a rotina *SBeIntersectionBetweenSubwatershed(radius FLOAT, gl INTEGER)*, que realiza um tratamento para cada *POLYGON*, proveniente da intersecção entre as geometrias das subbacias, com o intuito de eliminá-los. Esta rotina está apresentada, abaixo, no quadro 05.

Quadro 05: Rotina responsável por eliminar a intersecção entre as subbacias.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION SBeIntersectionBetweenSubwatershed(radius FLOAT, gl
INTEGER) RETURNS INTEGER AS $$
DECLARE rcd RECORD; count INTEGER;
BEGIN
    IF ( gl not in(-1, 1) ) THEN RAISE EXCEPTION 'Invalid parameter!'; END IF; count := 0;
    FOR rcd IN (select (st_dump(st_buffer(geom, radius, 'join=mitre mitre_limit=2'))).geom as geom
from (select st_intersection(s1.geom_sb, s2.geom_sb) as geom from subbacia_gm_new s1,
subbacia_gm_new s2 where s1.gid_sb != s2.gid_sb AND s2.gid_sb > s1.gid_sb) as it where
st_area(geom) != 0) LOOP
        update subbacia_gm_new set geom_sb = st_multi(st_difference(geom_sb, rcd.geom)) where
gid_sb = (select gid_sb from subbacia_gm_new where st_intersects(geom_sb, rcd.geom) order by
st_area(geom_sb)*gl desc limit 1);
        count := count + 1;
    END LOOP; if (count = 0) then return count;
    else return count + SBeIntersectionBetweenSubwatershed(radius, gl); end if;
END; $$ LANGUAGE plpgsql;
```

A rotina *SBeIntersectionBetweenSubwatershed(radius FLOAT, gl INTEGER)* obtém a intersecção entre as geometrias das subbacias utilizando a função do PostGIS *ST\_Intersection(geometry geomA, geometry geomB)*, à geometria retornada por *ST\_Intersection* é aplicada a função *ST\_Dump(geometry g1)* para expandir *MULTIPOLYGONS* em *POLYGONS*. Cada um destes *POLYGONS* será removido de uma das geometrias cuja função *ST\_Intersects(geometry geomA, geometry geomB)* retorne true, da maior, caso gl seja igual a 1, e da menor, caso gl seja igual a -1.

Esta rotina é recursiva e será executada enquanto houver áreas de intersecção entre as

geometrias das subbacias. O processo de eliminação destas inconsistências pode ser observado na figura 07.

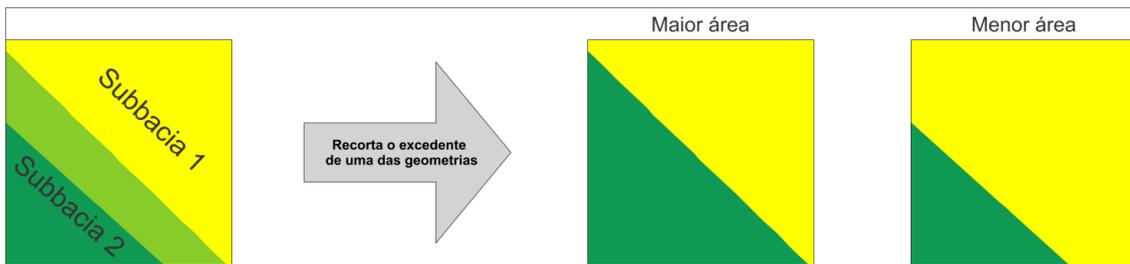


Figura 07: Ilustração da operação realizada pela rotina *SBeIntersectionBetweenSubwatershed*.

Para eliminar os espaços vazios existentes entre as geometrias das subbacias foi desenvolvida a rotina *SBaDifferenceWS(gl INTEGER)*, que seleciona todos os *POLYGONS* referente aos espaços sem classificação de subbacia e os trata de acordo com as geometrias vizinhas. Esta rotina pode ser vista no quadro 06.

Quadro 06: Rotina responsável por corrigir as áreas sem classificação de subbacia.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION SBaDifferenceWS(gl INTEGER) RETURNS INTEGER AS $$
DECLARE rcd RECORD; cont INTEGER;
BEGIN
    IF ( gl not in(-1, 1) ) THEN RAISE EXCEPTION 'Invalid parameter!'; END IF; cont := 0;
    FOR rcd IN (select geom from (select (st_dump(st_difference(b.geom_b, sub.geom_sb))) geom
from bacia_gm_new as b, (select st_union(geom_sb) as geom_sb from subbacia_gm_new) as sub) as sub2
where st_area(geom) != 0) LOOP
        update subbacia_gm_new set geom_sb = st_multi(st_union(geom_sb, rcd.geom)) where
gid_sb = (select gid_sb from subbacia_gm_new where st_touches(geom_sb, rcd.geom) or
st_intersects(geom_sb, rcd.geom) order by st_area(geom_sb)*gl desc limit 1); cont := cont +1;
    END LOOP; return cont;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql
```

A rotina *SBaDifferenceWS(gl INTEGER)* obtém as área sem classificação de subbacia utilizando a função do PostGIS *ST\_Intersection(geometry geomA , geometry geomB)*, à geometria retornada por *ST\_Intersection* é aplicada a função *ST\_Dump(geometry gl)* para expandir *MULTIPOLYGONS* em *POLYGONS*. Cada um destes *POLYGONS* será adicionado a subbacias de maior ou menor área de contato, de acordo com o parâmetro gl, 1 e -1, respectivamente. As operações realizadas por esta rotina podem ser observadas na figura 08.

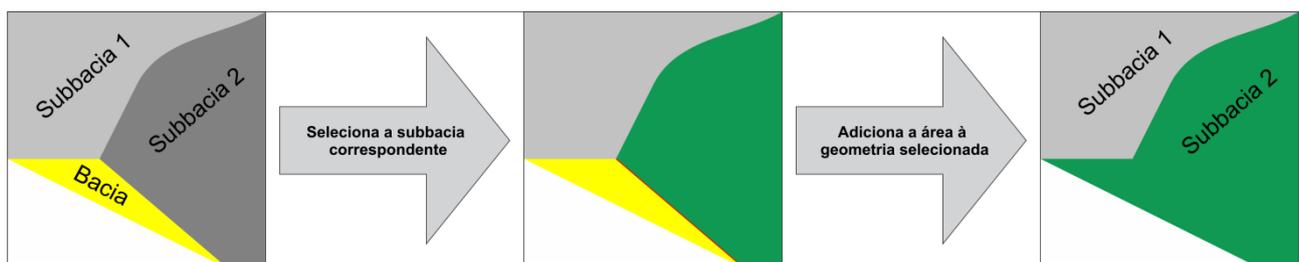


Figura 08: Ilustração das operações realizada pela rotina *SBaDifferenceWS(gl INTEGER)*.

A partir da inserção de todas as rotinas desenvolvidas no banco de dados, foi possível gerar novas geometrias. Todas as rotinas rodaram sem apresentar erros e analisando visualmente, no gvSIG, as inconsistências foram eliminadas. Para confirmar a eliminação destas inconsistências, a consulta apresentada na figura 04 foi executada novamente, porém, desta vez em relação às novas geometrias armazenadas nas tabelas *subbacias\_gm\_new* e *bacia\_gm\_new*. A figura 09 apresenta a consulta e o resultado de sua execução, indicando *true* para a igualdade entre a nova geometria da bacia e a união das novas geometrias das subbacias.

```
bdet=# select st_equals(geom_sb, geom_b) as "Equals" from bacia_gm_new, (select
  st_union(geom_sb)as geom_sb from subbacia_gm_new) as t;
Equals
-----
 t
(1 registro)
bdet=#
```

Figura 09: Consulta para verificar a existência de inconsistências entre as geometrias das subbacias e a geometria da bacia hidrográfica.

O resultado da consulta apresentada na figura 09 indica que as inconsistências entre as geometrias foram eliminadas, porém, todas as operações realizadas alteraram o formato e a área dessas geometrias. Com o objetivo de quantificar as alterações ocorridas nas geometrias, foram desenvolvidas consultas que permitissem análise. Estas consultas, juntamente com o resultado de suas execuções, estão dispostas nas figuras 10 e 11.

```
bdet=# select s1.gid_sb as "Codigo", st_area(s1.geom_sb) - st_area(s2.geom_sb)
  as "Alteracao na area (m²)" from subbacia_gm_new s1, subbacia_gm s2
  where s1.gid_sb = s2.gid_sb order by "Codigo";
Codigo | Alteracao na area (m²)
-----+-----
 1 | -0.0405727252364159
 2 | 1.41567286849022
 3 | -0.00693825632333755
(3 registros)
bdet=#
```

Figura 10: Consulta para verificar a alteração na área das subbacias.

A figura 10 apresenta a consulta desenvolvida para analisar a alteração na área das subbacias e o resultado de sua execução. Analisando o resultado de sua execução pode-se notar que a alteração na área das subbacias é pequena. A subbacia de código 1 diminuiu, aproximadamente, 0,0406 metros quadrados, a subbacias de código 2 aumentou, aproximadamente, 1,4157 metros quadrados e a subbacias de código 3 diminuiu, aproximadamente, 0,007 metros quadrados. Abaixo, na figura 11, apresenta-se a alteração na área da bacia.

```
bdet=# select st_area(new.geom_b) - st_area(old.geom_b) as
  "Alteracao na area (m²)" from bacia_gm old, bacia_gm_new new;
Alteracao na area (m²)
-----
 0
(1 registro)
bdet=#
```

Figura 11: Consulta para verificar a alteração na área da bacia hidrográfica.

A figura 11 apresenta alteração nula na área da bacia, o que já era esperado, pois foi considerado inicialmente, que as inconsistências eram provenientes das geometrias das subbacias. Portanto, todas as rotinas foram desenvolvidas com o propósito de corrigir inconsistências presentes nas geometrias das subbacias.

#### 4. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A partir das consultas desenvolvidas na primeira etapa do estudo proposto, foi possível identificar todas as inconsistências existentes entre as geometrias das subbacias e entre as geometrias das subbacias e a geometria da bacia hidrográfica.

Os resultados obtidos com relação à aplicação dessas consultas indica que as geometrias foram corrigidas. Desta maneira, pode-se afirmar que as consultas desenvolvidas alcançaram o seu objetivo, que era gerar novas geometrias com a ausência de inconsistências entre si. Cabe destacar que todas as operações realizadas na busca pela eliminação das inconsistências resultaram na alteração nas características das geometrias, com relação à forma e a área. No entanto, como foi possível verificar a partir dos resultados apresentados, essas alterações, no caso das geometrias referentes às subbacias do rio Atuba foram pequenas, representando uma diminuição de área de 2,96% e 1,33%, no caso das geometrias das subbacias 1 e 3, e um aumento de 2,29% na área da subbacia 2. Desta maneira, entende-se que a aplicação da metodologia proposta pode ser utilizada para a realização da eliminação das inconsistências entre as geometrias, contribuindo para o estudo da influência das alterações do uso e cobertura superficial do terreno no escoamento superficial direto, na bacia hidrográfica do rio Atuba/PR.

Por fim, cabe ressaltar que, embora a escolha de qual subbacia receberia as áreas mapeadas como inconsistências tenha sido realizada visando reduzir a taxa de alteração nas áreas de cada geometria, somente dados provenientes de levantamento altimétrico podem definir corretamente a que subbacia pertence cada uma dessas áreas mapeadas como inconsistência.

#### Referências

CAVIGLIONE, J. H. et al. *Cartas climáticas do Paraná*. Londrina: IAPAR, 2000.

MIRANDA, T. L. *Avaliação da qualidade da água na bacia do Alto Iguaçu através de modelagem matemática para planejamento e gestão dos recursos hídricos*. Tese. Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2001.

NUNES, F. G. *A influência do uso e ocupação do solo nas vazões de pico na bacia hidrográfica do rio Atuba*. Tese. Curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

OBE, R.; HSU, L. *PostGIS in action*. Washington: Manning, 2010.

POSTGRESQL 9.2 DOCUMENTATION. Disponível em: <<http://www.postgresql.org/docs/9.2/static/index.html>>. Acesso em 1 abr. 2013.

POSTGIS 2.0 MANUAL. Disponível em: <<http://postgis.net/docs/manual-2.0/index.html>>. Acesso em 3 abr. 2013.

SANTILLAN, J. R.; MAKINANO, M. M.; PARINGIT, E. C. Detection of 25 year land cover change in a critical watershed in southern Philippines using Landsat MSS and ETM+ images: importance in watershed rehabilitation. In: WAGNER, W.; SZÉKELKY, B. *ISPRS TC VII Symposium*. Viena: Austria, v. XXXVIII - Part 7A, 2010.

SCHAFER, A. G. *Um banco de dados espaço-temporal para o monitoramento e modelagem do escoamento superficial em bacias hidrográficas no contexto do planejamento urbano*. Tese. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.