

Análise comparativa dos produtos derivados das variáveis geomorfométricas dos algoritmos SAGA/GIS e ArcGIS

Comparative Analysis of derivatives products of geomorphometrics variables from SAGA/GIS and ArcGIS algorithms

Vitor Hugo de Almeida Junior¹
Fernando Ragner Moreira Souza¹
Ricardo Vieira da Silva¹
Orion Maldaner Santos¹
Michele Monguilhott¹

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

¹Tecnologia em Geoprocessamento, Colégio Politécnico.

{vitorhugo.jr, fernandoragner}@hotmail.com, {ric.sveira, orionmaldaner}@gmail.com,
michelemonguilhott@politecnico.ufsm.br

Abstract. The present work searches for a better comprehension of products originated from algorithms applicable in geographic modeling. The algorithms explored in this research aim to compare morphometrics variables generate from hydrologically consistent DEMHC model. These algorithms manage DEM from SRTM images for automatic generation of basins, sub-basins and micro basins, to test it reliability, precision, efficiency and potentiality. Bases derived from Saga GIS and Hydrology represent the topologically consistent drainage surface. For the city of Santiago, RS, two SRTM scenes, 28s555 and 29s555, with 30 (thirty) meters of spatial resolution and its valleys corrected by the Topodata INPE database, were used. The algorithms used on the research were from the Hydrology tool, deriving out of ArcGIS® v10.2.2 software. The Terrain Analysis algorithms were from the open source provider SAGA/GIS, emulated on QGIS v2.8.9 software, for watershed and hydrologically consistent data generation. The variables applied to compare those algorithms were drainage surface area and perimeter and morphometric variables. The variables derived from the algorithms, preserved the hydrological consistence of the information, however with slight differences between the analyzed variables.

Palavras-chave: algorithms, hydrologically consistent model, morphometric analysis.

1. Introdução

Políticas de planejamento requerem unidades espaciais de planejamento e as bacias hidrográficas são ótimas unidades espaciais para este fim, visto que as mesmas preenchem vários requisitos que são fatores decisivos para o planejamento de uma gama extensa de atividades, além é claro do planejamento hídrico. Para Magalhães Jr (2007) nas bacias hidrográficas se organizam os recursos hídricos superficiais em função de sua relação entre a estrutura geológica-geomorfológica e as condições climáticas. Para o autor essa unidade a partir de 1980 passou a incorporar o conceito de sustentabilidade.

Algumas variáveis que derivam das bacias hidrográficas resultam de suas características fisiográficas como geomorfologia, geologia, pedologia, hidrologia, etc. Tais características permitem diversas análises.

A definição de bacia hidrográfica possui basicamente um único conceito que a define que segundo Christofletti (1980) é a área drenada por um rio ou sistema fluvial com quantidade de água dependente de variáveis morfológicas e ciclo hídrico local.

As bases cartográficas digitais e Sistemas de Informações Geográficas vêm sendo cada vez mais utilizadas para o planejamento visto a sua capacidade de manipulação e análises de respostas rápidas e fidedignas. Segundo Paulino e Carneiro (1998 *apud* Silveira et. al., 2008, p. 1), de forma bem fácil, podemos conceituar uma base cartográfica como sendo uma “representação cartográfica dos aspectos ambientais, produzida com aplicação de métodos cartográficos de transformação de superfícies apoiados no referencial geodésico único,

representada inicialmente em um formato analógico”. Uma base digital simples permite gerar dados para, por exemplo, a caracterização morfométrica de uma bacia que segundo Teodoro *et al.* (2007, p. 137) “é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises ambientais, e tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica local e regional”.

Assim, o presente trabalho busca uma melhor compreensão de produtos derivados de algoritmos aplicáveis em modelagem geográfica. Os algoritmos utilizados nessa pesquisa têm o objetivo de obter variáveis para uma análise morfométrica da bacia hidrográfica de modo que apresentem um determinado nível de confiabilidade, buscado a comparação dos resultados entre os algoritmos do SAGA/GIS e do ArcGis. As bases derivadas dos algoritmos SAGA/GIS e *Hydrology* representam a superfície de drenagem topologicamente consistente derivados do sistema fluvial analisado.

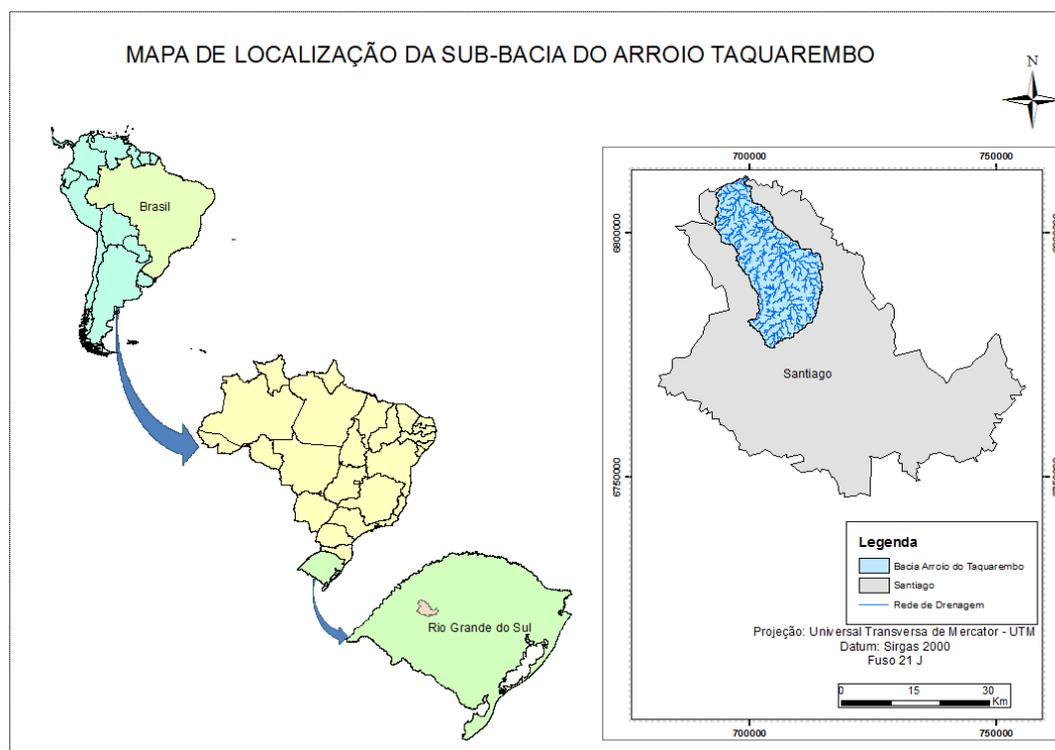
Busca-se também nesse trabalho fazer uma comparação dos resultados obtidos em um software proprietário, no caso o ArcGIS® v.10.4.1, e um software livre, no caso o QGIS v.2.8.9, de modo a demonstrar os desafios e facilidades dos mesmos para assim atingir aos usuários de ambos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Tendo em vista que bacias hidrográficas são unidades espaciais de planejamento muito utilizadas em vários aspectos para estudos, análises e planejamento como recursos hídricos, pedologia, geomorfologia, ocupação antrópica, economia, etc., testou-se duas ferramentas/algoritmos com a finalidade de gerar um modelo hidrológicamente consistente, o SAGA GIS/QGIS e o *Hydrology*/ArcGIS®, para que após a comparação entre os dois modelos, pudesse ser utilizada suas informações para gerar variáveis geomorfométricas para posterior análise.

Assim, utilizou-se duas cenas, 29s555 e 28s555, do modelo SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) de 30 (trinta) metros de resolução espacial com suas depressões corrigidas pelo TopoData do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) representando modelo digital de elevação topologicamente consistente, para o município de Santiago-RS, localizado entre as coordenadas geográficas 29° 11' 30" S e 54° 52' 02" W. Aplicou-se então uma sequência de procedimentos nos dois aplicativos: QGIS v.2.8.9 e ArcGIS v.10.4.1..

Figura. 01 Mapa de Localização da Bacia do Arroio Taquarembo, Santiago, RS.



O QGIS é um Sistema de Informações Geográficas livre e de código aberto. O projeto nasceu em 2002 e foi estabelecido no SourceForge em junho do mesmo ano.

No QGIS emulou-se o SAGA GIS para utilizar-se o algoritmo *Channel Network and Drainage Basins*, contido na ferramenta *Terrain Analysis*. O SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses) é um software de GIS que funciona como provedor de algoritmos livre, híbrido e multiplataforma, podendo ser instalado no QGIS como um plug-in. O SAGA GIS provê vários métodos geocientíficos divididos em pacotes também chamados de bibliotecas de módulo (QGIS, s/d).

O processamento dos dados seguiu as seguintes etapas no SAGA/GIS:

- Eliminação das depressões (*fill sinks*) preenchimento de falhas, presentes nas imagens SRTM e que de acordo com Mendes e Cirilo (2001 *apud* Sobrinho *et. al.*, 2010), caracterizam-se por áreas rodeadas com altitudes superiores a uma depressão.

Posteriormente se fez todo o processo de geração da rede de drenagem no algoritmo (*Channel Network and Drainage Basin*) que compõe as seguintes etapas:

- Definição do limiar (*Threshold*), direção de fluxo (*flow direction*), conexão do fluxo (*flow connectivity*), ordem dos canais (*Strahler Order*), bacia de drenagem (*Drainage Basin*), geração da rede de canais (*Channels*) e por último as confluências (*Junctions*).

O ArcGIS Desktop por sua vez é um software que possui um conjunto de aplicativos e possibilita interfaces conjuntas, pode-se fazer qualquer tarefa de SIG, simples a avançada, incluindo mapeamento, edição de dados, compilação, gestão de dados, visualização e geoprocessamento. (ESRI, s/d)

No ArcToolbox encontra-se a ferramenta *Hydrology* com vários algoritmos para análise hidrológica e delineamento de bacias hidrográficas.

Os algoritmos do ArcGIS atuam de forma no seguinte fluxo:

- *Fill*: correção de depressões;
- *Flow Direction*: direção do fluxo de drenagem;

- *Basin*: geração das bacias presentes no MDE;
- *Flow Accumulation*: acumulação de fluxo ao longo da drenagem;
- *Stream Order*: ordena a drenagem utilizando o método de Strahler ou de Shreve;
- *Raster calculator*: única ferramenta não presente no Hydrology. É utilizada para gerar as linhas de drenagem com a seguinte expressão condicional: $Con (FlowAccumulation > Limiar, 1)$, onde o limiar neste caso foi 250.

Com os dados derivados do modelo para ambos algoritmos foram obtidos dados representativos do sistema fluvial em análise que são: rede de drenagem e variáveis morfométricas,

Fez-se então a caracterização morfométricas geométricas, tais como (I) Área total, (II) Perímetro total, (III) Coeficiente de Compacidade, (IV) Fator de Forma.

Já a caracterização morfométrica da rede de drenagem se deram pelo (V) Comprimento do curso d'água principal, (VI) Comprimento total dos cursos d'água, (VII) Densidade da drenagem e (VIII) Ordem dos cursos d'água.

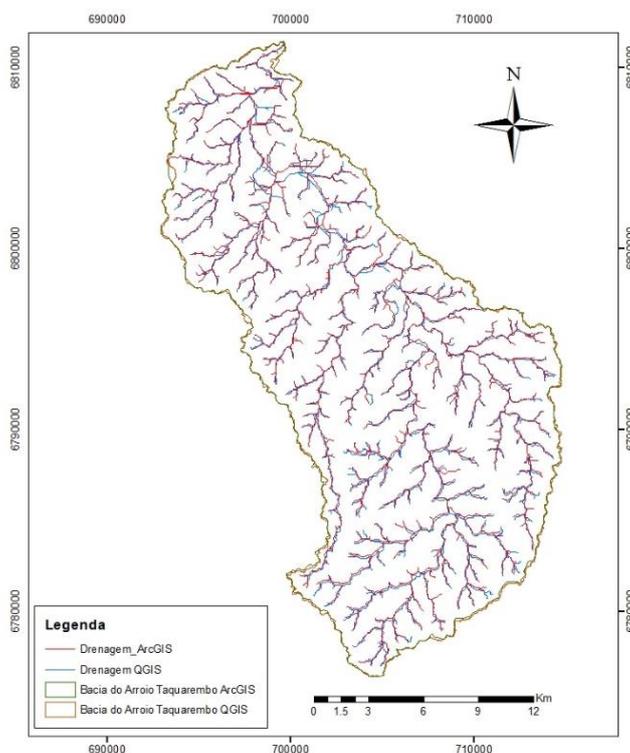
E para a caracterização morfométrica do relevo, utilizou-se apenas os divisores topográficos (IV) para fins de visualização.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os procedimentos automáticos para a geração de bacias produziram os seguintes resultados para a sub-bacia do Arroio Taquarembó (figura 02):

Figura 02. Bacias e drenagens geradas pelos dois softwares sobrepostas para fins de comparação.

Sub-Bacia do Arroio Taquarembó - Comparação entre as drenagens e limite da bacia geradas pelo QGIS e ArcGIS



As variáveis obtidas na aplicação dos dois algoritmos foram coincidentes apresentando pequenas diferenças não significativas para o sistema fluvial. Para a drenagem da sub-bacia

houve muita semelhança com base nos limiares utilizados de 250 para o algoritmo do ArcGIS e 5 para o algoritmo SAG GIS.

Muito embora, os valores dos parâmetros não tenham resultados coincidentes entre os dois programas, os valores são muito similares não apresentando diferenças significativas.

A seleção dos valores de limiares foi tomada de modo visual e também quantitativo, a partir de testes. Para o limiar, quanto maior for seu valor, maior será seu detalhamento e menor a densidade da drenagem, visto que seu valor está embasado na acumulação de fluxo. No SAGA/QGIS necessita maior aprofundamento sobre qual seria a unidade utilizada pelo algoritmo. Mas ainda assim, os dois produtos satisfazem o propósito principal do trabalho, o qual será a comparação dos valores das variáveis geomorfométricas obtidas por ambos.

É possível avaliar na mesma figura 2 a coincidência na drenagem obtida, do delineamento da bacia e do rio principal entre os produtos dos dois algoritmos, confirmados a partir das variáveis geomorfométricas. Os parâmetros das variáveis geomorfométricas foram utilizados para a comparação de ambos os algoritmos verificando assim o quanto os resultados diferem um do outro (Tabela 1).

Tabela 01. Características morfométricas da sub-bacia do Arroio Taquarembo.

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS					
Tipo	Variável	Resultado ArcGIS	Resultado QGIS	Amplitude	
Geometria	Área (Km ²)	383.286	383.269	0.017	
	Perímetro (Km)	112.515	128.008	15.493	
	Coeficiente de compacidade	1.609	1.831	0.222	
	Fator de Forma	0.144	0.137	0.007	
Drenagem	Comprimento Total dos Canais (Km)	519.715	532.521	12.806	
	Comprimento do curso principal (Km)	51.603	52.961	1.358	
	Densidade de Drenagem (km/Km ²)	1.356	1.389	0.033	
	Número de Ordem dos Canais (Strahler)	5	5	0	

A magnitude e a ordem dos canais foram definidas com base na proposta de Strahler (1952 *apud* Christofolletti, 1980), e seus valores expressos tabela 1:

Tabela 02. Comprimento do ordenamento dos canais pelo método de Strahler da sub-bacia do Arroio Taquarembo.

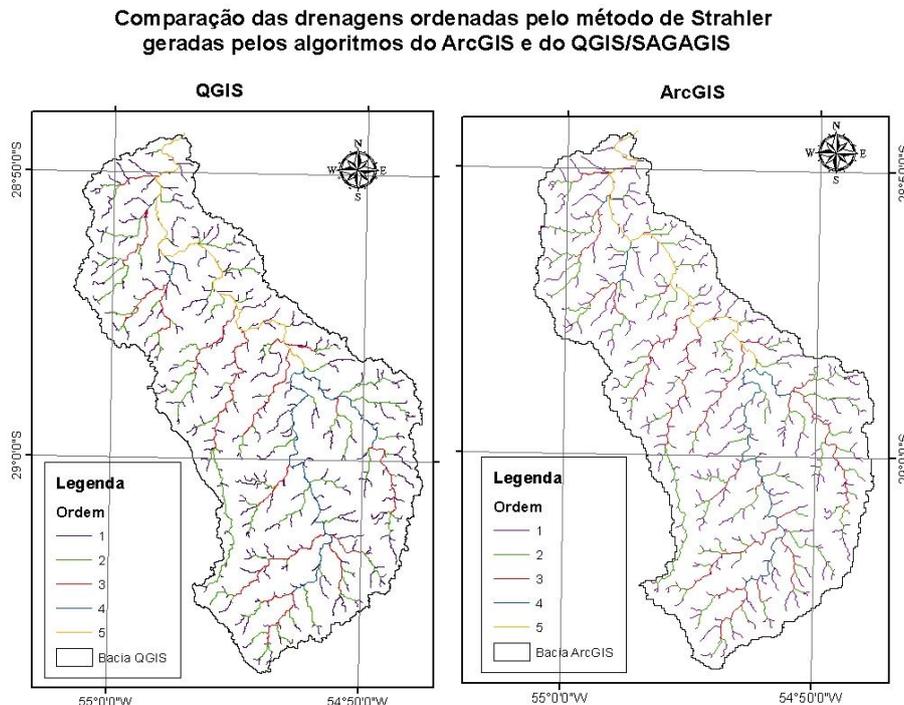
Ordenamento de canais - Método de Strahler			
Número da Ordem	Comprimento (Km)		
	QGIS	ArcGIS	Diferença
1	252,02	217,74	34,28
2	134,98	119,31	15,67
3	80,29	76,5	3,79
4	35,25	27,51	7,74
5	30,07	25,14	4,93

A diferença mostrou-se pouco significativa, tendo em vista que a mesma está distribuída em vários segmentos da rede de drenagem. Ressalta-se que a drenagem delimitada era densa, tanto no QGIS quanto no ArcGIS, devido ao limiar estabelecido. Logo o número de diferenças distribuídas nos segmentos dos cursos d'água será tanto maior quanto menor for sua ordem, pois terá maior número de segmentos as ordens mais baixas. E também, em virtude da escala

do projeto, as diferenças mostraram-se um pouco maiores. Assim, estes produtos tornam-se compatíveis com determinados objetivos e escalas. Para aprimorar ainda mais esses produtos, o principal foco de melhoria é o ajuste dos limiares entre os dois softwares.

É possível ainda visualizar a semelhança do ordenamento dos canais na figura 3:

Figura 03. Ordenamento dos canais pelo método de Strahler nos dois algoritmos.



É importante ressaltar alguns contrapontos encontrados no ordenamento dos canais nos algoritmos. O ordenamento pelo algoritmo do QGIS/SAGA GIS foi muito satisfatório, visto sua facilidade de geração, tanto do ordenamento quanto nos cálculos geométricos dos mesmos, pois o programa gera modelos em estrutura vetorial e raster, facilitando operações sobre este modelo. Já o ArcGIS gera o modelo ordenado primeiramente no formato raster, dificultando as operações de cálculos dos parâmetros geomorfométricos nessa estrutura.

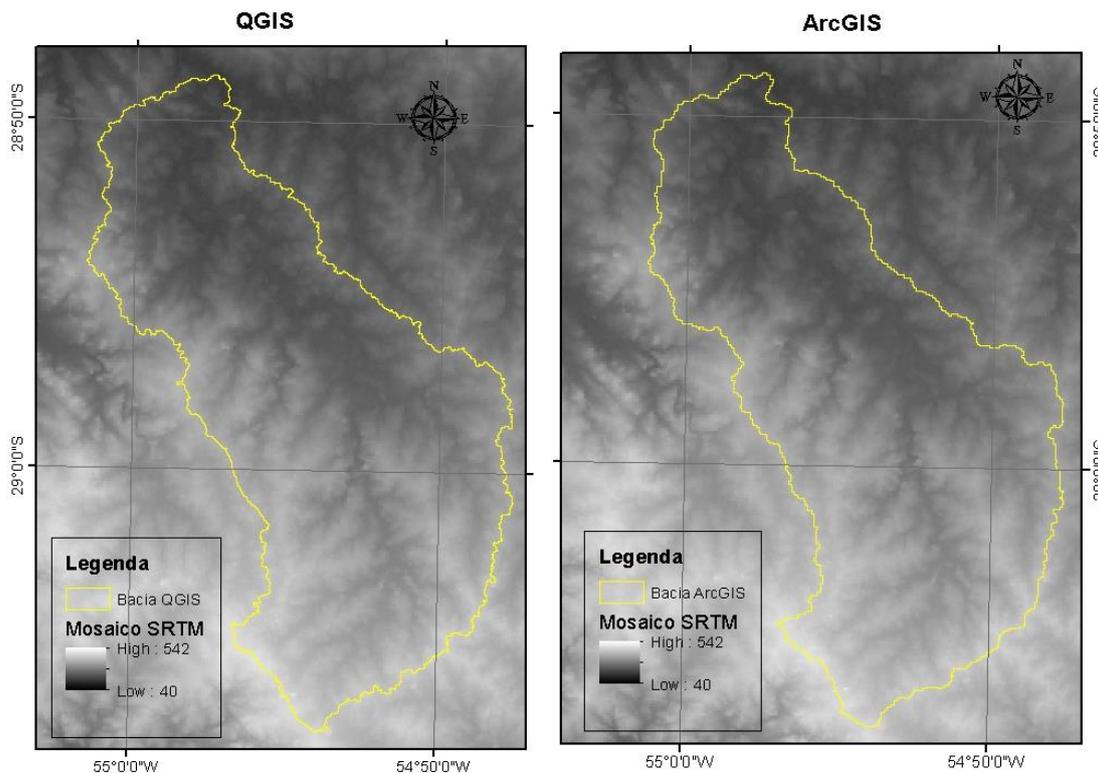
O modelo acima foi convertido para vetor com a ferramenta do ArcGIS, *Raster to Polyline*. Cabe salientar que esta conversão pode gerar pequenos segmentos de cursos d'água a mais, o que compromete o cálculo de comprimento. Então para o cálculo do comprimento, utilizou-se o próprio modelo matricial, no qual utiliza-se o campo COUNT da tabela de atributos, que contabiliza o número de *pixels* da classe, multiplicou-o por 30m, que é o valor da resolução do *pixel*, e dividiu-se por 1000, para se obter o comprimento em quilômetros, como na equação 1 a seguir:

$$\text{Comprimento} = ([\text{COUNT}] * 30) / 1000 \quad (1)$$

Além disso, para a caracterização morfométrica do relevo, utilizou-se da divisão topográfica que pode ser visto na figura 4:

Figura 04. Bacias geradas pelos algoritmos dos dois softwares sobre o mosaico SRTM denotando a sua sobreposição aos divisores topográficos.

Comparação das bacias geradas pelos algoritmos do ArcGIS e do QGIS/SAGAGIS com os divisores de água do mosaico SRTM



É possível notar que a bacia gerada pelos algoritmos coincide perfeitamente sobre os divisores topográficos, ou seja, as áreas mais altas (claras) no entorno dos divisores de água.

Assim, por uma análise puramente quantitativa, os valores apresentados nas tabelas apresentam pouca diferença, não significativas, corroborando com a coerência dos dados obtidos.

A diferença entre os dados obtidos pelos dois algoritmos foi pequena, apresentando valores mais elevados apenas no ordenamento dos canais, como já explicitado acima. As diferenças de perímetro e do comprimento total dos cursos d'água, também pode ser explicada pelos valores dos limiares utilizados. Entretanto, ambos não apresentaram diferenças significativas visualmente.

A partir da área, perímetro, comprimento do rio principal, comprimento total dos rios e do ordenamento dos cursos d'água foi possível calcular os parâmetros apresentados nas tabelas 1 e 2. Os resultados demonstram as potencialidades dos produtos derivados dos algoritmos a coerência dos modelos.

Entre os dados gerados pelos dois algoritmos não foram encontradas diferenças significativas porém, validando, os dados encontrados com a Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) nível 6, da Agência Nacional de Águas (ANA, 2008) que é uma base obtida a partir do Mapeamento Sistemático Brasileiro e hidrologicamente consistente, encontramos valores superestimados e subestimados de área e perímetro (Tabela 3).

Tabela 3 - Validação dos parâmetros de área e perímetro obtidos pelos algoritmos

	BHO (ANA)	QGIS	ArcGIS	Diferença (%)
Área (km ²)	343,599	383,269	383,286	11,63
Perímetro (km)	131,542	128,008	112,515	-14,46 (ArcGIS)

-2,69 (QGIS)

Fonte: ANA (2008)

4. CONCLUSÕES

Os algoritmos testados atenderam de modo satisfatório o objetivo proposto, sendo que os modelos derivados preservaram a consistência hidrológica das informações, porém, com pequenas diferenças entre as variáveis analisadas, por exemplo: diferenças superestimada de 11,63% nos valores de área e subestimadas em 14,46% pelo algoritmo do ArcGIS e 2,69% pelo algoritmo do QGIS. O comprimento de alguns canais de drenagem também apresentaram diferenças quando obtidos por níveis hierárquicos.

Ambos os algoritmos utilizados derivaram modelos topologicamente consistentes, mas deve-se considerar, além das informações geomorfométricas, as demais características fisiográficas da área de estudo.

As características geomorfométricas da bacia foram satisfatórias obtendo-se resultados similares dos parâmetros entre os dois algoritmos, tanto quantitativamente quanto visualmente. As diferenças encontradas na hierarquia dos canais de drenagem são aceitáveis visto que foram produtos obtidos através do uso de algoritmos que utilizam diferentes unidades na aplicação de limiares e produzem resultados em diferentes estruturas geoespaciais.

Ressalta-se que não podemos afirmar neste primeiro momento qual o melhor algoritmo a ser utilizado e que para validar significativamente os parâmetros encontrados faz-se necessário à validação topológica de todos os parâmetros obtidos pelo modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional das Águas. Brasil, 2008. Disponível em: Acesso em: 13 de nov. de 2016.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. São Paulo, UNESP, 2ª ed., 179 p., 1980.

ESRI. **ESRI Developer Documentation: What is ArcGIS Desktop?** ESRI. S/d. Disponível em: <http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.2/cpp_vb6_vba_vcpp_doc/shared/desktop/get_started/what_is_dtop.htm>. Acesso em: 9 de agosto de 2016.

MAGALHÃES JR., A. P. **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 2007.

QGIS. **Documentation QGIS 2.8: SAGA GIS algorithm provider**. QGIS. S/d. Disponível em: <http://docs.qgis.org/2.8/en/docs/user_manual/processing_algs/saga/index.html?highlight=saga> Acesso em: 9 de agosto de 2016.

SILVEIRA, Thyago DE A. et. al. Estruturação de bases cartográficas para sistemas de informação geográfica (SIG). II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. **Anais**. Recife: 8-11 de setembro de 2008 p. 000-000.

SOBRINHO, Teodorico A. et. al. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Jaboticabal**: v.30, n.1, p. 46-57, jan./fev., 2010.

TEODORO, V. L. I *et. al.* 2007. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista UNIARA**, n.20, 2007, p.136-155.