

## O Uso da Geração Automática da Área de Drenagem, como Ferramenta no Suporte à Tomada de Decisão em Empreendimentos Hidrelétricos

Adriano Ayres Martins <sup>2</sup>  
Hellen Antunes Lamoglia <sup>1,2</sup>  
Afonso Henriques Moreira Santos <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI  
Caixa Postal: 50 - CEP: 37500-903 - Itajubá – MG

<sup>2</sup> iX Consultoria – Itajubá  
R. Cel. Joaquim Francisco, 341 Bairro Varginha CEP: 37501-052  
{adriano.ayres, [afonso](mailto:afonso@ixconsult.com.br)}@ixconsult.com.br  
{hellen.lamoglia}@msconsultoria.com

### Abstract

The management of water resources is organized as a set of measures to regulate the use, control and protection of water resources. This warranty is through the application of laws such as the Federal Law 9433/1997. For this to occur it is necessary to expedite and streamline the generation of data in which new technologies are being developed. One way of optimization is the automatic delineation of drainage area, where the cost vs. time well below expectations. The studies presented were conducted in a watershed in the country's western region, in Mato Grosso do Sul. Any method of automated generation of the drainage area of the basin was based on the type ASTER and SRTM images. Thus, based on the data and the values obtained it was concluded that the selection and verification of the image to be used as basis in the process of automatic generation of drainage area, affected the monetary gain or loss, depending on the application to which appropriated such data. A variation of less than 2% in the size of areas can result in significant value thinking long term, this figure may be even greater. Although the cost vs. time vs. benefit is attractive, it is recommended that wherever possible, verification post-processing, considering that the studies and methodologies are developed from mathematical models and do not always meet the needs of 100% user.

**Palavras-chave:** water resources, otimization, automated generetion of the drainage, new technologies.

### 1. Introdução

A gestão de recursos hídricos organiza-se como um conjunto de medidas que visam regular a utilização, o controle e a proteção dos recursos hídricos. A plena garantia e aplicação dessas ações, como mecanismos de preservação desses recursos naturais, opera através de uma legislação específica composta de normas pertinentes. A Lei Federal 9433/1997 discorre sobre a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PRNH) e engloba pesquisas, projetos e procedimentos que promovam a preservação tanto em quantidade como em qualidade dos recursos das bacias hidrográficas do território brasileiro. A referida lei atua na recuperação e preservação de potenciais hídricos, quais sejam: nascentes, mananciais e cursos d'água. As formulações legais incentivam a aplicação de técnicas que realizem um efetivo planejamento de ações que visem a otimização de atividades relacionadas às bacias hidrográficas.

Entre as atividades que necessitam de um constante planejamento e controle por parte da gestão dos recursos hídricos destaca-se a geração de energia hidrelétrica. Esta atualmente constitui quase 83 % (ANEEL 2010) de nossa matriz geradora. O Brasil, como referência na geração de energia hidrelétrica, tem buscado técnicas cada vez mais eficientes que configurem uma base de dados consistentes capazes de fornecer informações que contribuam para o gerenciamento e aproveitamento de energia necessária ao desenvolvimento do país.

Com o intuito de operacionalizar e dinamizar a geração de dados, novas tecnologias vem sendo desenvolvidas. Uma das formas de otimização é a delimitação automática da área de drenagem, cujo papel é relevante. Esse procedimento tem um forte apelo no que tange a gestão dos recursos hídricos, uma vez que engendra um processo automatizado que determina a qualidade da informação e serve de base para a aplicação de futuros procedimentos, pois se trata de um método padronizador.

A caracterização física da bacia hidrográfica e do sistema de drenagem constitui uma das etapas iniciais, para a maioria dos estudos hidrológicos. Tradicionalmente, tais informações eram preparadas manualmente a partir de mapas topográficos impressos. Atualmente, ferramentas de geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm sido empregadas para obter as mesmas informações a partir do processamento automático de dados de elevação do terreno (BURROUGH, 1986).

O desenvolvimento e aprimoramento de SIGs e algoritmos de processamento automático, em combinação com o aumento da capacidade computacional, têm permitido preparar diversos planos de informação para estudos hidrológicos de grandes áreas com uma relação custo x tempo bem abaixo do esperado.

Os dados topográficos são usualmente trabalhados sob a forma de um Modelo Numérico do Terreno (MNT), cuja representação mais tradicional é através de uma imagem *raster*, onde cada *pixel* tem como atributo o valor de elevação do terreno em relação a um determinado referencial (BURROUGH e MCDONNEL, 1998).

As fontes de dados de elevação dos terrenos utilizados neste trabalho são: a base de dados obtida pelo projeto *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) que dispõe seus dados por intermédio do *United States Geological Survey* (USGS) e a base de dados obtida pelo projeto *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) que dispõe seus dados por meio da NASA em conjunto com o Governo Japonês (NASA, 2010). Os dois programas vêm coletando dados desde 2000 e disponibilizando suas informações gratuitamente via internet.

Este presente trabalho tem como objetivo mostrar que, de acordo com a escolha da base para a geração automática de uma área de drenagem, ocorrerá uma variação na disponibilidade hídrica da bacia, e esta variação implicará numa possível alteração na potência gerada de um aproveitamento hidrelétrico refletindo em valores econômicos.

## 2. Metodologia de Trabalho

A metodologia utilizada nesse trabalho constitui-se das seguintes etapas: obtenção do modelo MNT, preenchimento de depressões (*fill*), direção de fluxo (*flow direction*), fluxo acumulado (*flow accumulation*), delimitação de bacias (*Watershed*), determinação da vazão no exutório escolhido, cálculo da potência hidrelétrica para o exutório e cálculo monetário da potência gerada.

Para a geração do MNT, foram utilizadas imagens SRTM e ASTER, ambas coletadas via internet. Utilizando o MNT gerado a partir das duas imagens, onde o fluxo de direções constituiu-se num plano de informações básicas. O procedimento mais comum consiste em preencher as possíveis falhas nas elevações (*Fill*), de maneira que os possíveis erros possam ser minimizados.

Admitindo-se uma única direção de fluxo para cada *pixel* do MNT, sendo essa direção atribuída para um de seus 8 vizinhos, este processo é também conhecido como D8. A diferença de elevação entre o *pixel* vizinho e o *pixel* centro, dividida pela distância entre eles, determina qual a direção o fluxo deve seguir. Ao final deste processo, será gerada uma imagem *raster*, onde cada *pixel* receberá um valor indicando para qual vizinho a drenagem seguirá, dando fim ao processo de direção do fluxo (*Flow Direction*).

Com base exclusivamente nas direções de fluxo, pôde-se determinar um plano de informações que representou as áreas de drenagem acumuladas. Gerou-se uma nova imagem *raster* onde cada *pixel* teve como atributo o valor correspondente ao somatório das áreas superficiais de todos os *pixels* cujo escoamento contribuiu para o *pixel* em questão (JENSON e DOMINGUE, 1988), terminado esse passo, obteve-se o fluxo acumulado (*Flow Accumulation*).

A partir das direções de fluxo e da indicação da localização do exutório, determinou-se a delimitação da bacia hidrográfica ao referido exutório. O procedimento, para cada *pixel* da imagem, consistiu em percorrer o caminho de fluxo até encontrar o *pixel* que representou o exutório da bacia (JENSON e DOMINGUE, 1988), desta forma, a delimitação da bacia hidrográfica foi realizada através do processamento dos mapas de direção de fluxo e fluxo acumulado na função *Watershed* (JENSON e DOMINGUE, 1988).

Uma vez selecionado o exutório, calculou-se por meio de estudos hidrológicos os valores de vazões disponíveis no referido ponto para as áreas das bacias hidrográficas determinadas automaticamente.

De posse dos dados de vazões foi calculado os valores das potências hidrelétricas no exutório selecionado.

### 3. Resultados e Discussão

Os estudos apresentados foram realizados em uma bacia hidrográfica na região oeste do país, no estado do Mato Grosso do Sul, onde foi empregado o Sistema *Datum SAD 69*.

Todo o método de geração automatizada da área de drenagem da bacia hidrográfica foi realizado com as imagens tipo ASTER e SRTM. Os processos foram individualizados e posteriormente foi realizada uma sobreposição das mesmas com suas respectivas áreas delimitadas. Na figura 1, está apresentada as áreas de drenagem referentes aos dois tipos de imagens.

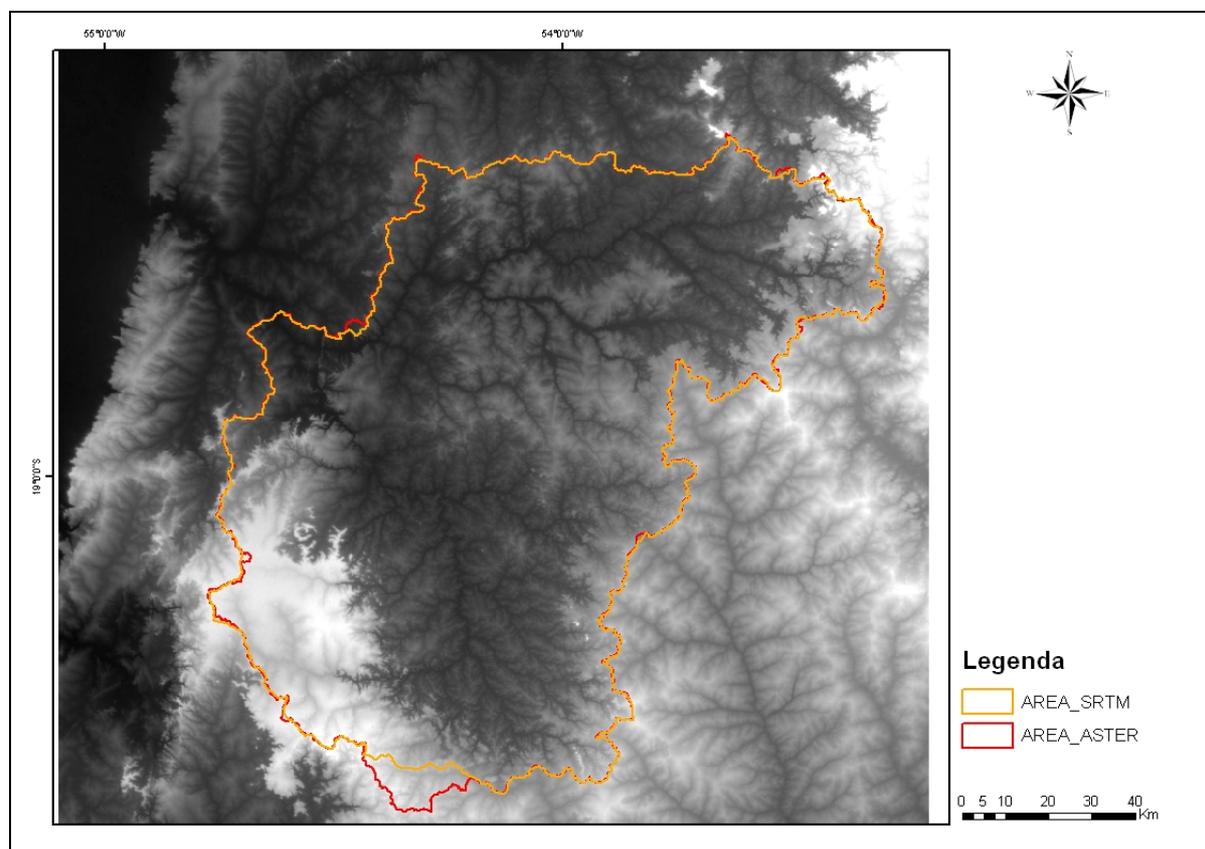


Figura 1: Áreas de drenagem das imagens ASTER e SRTM.

Realizada a etapa de delimitação das áreas de drenagens da bacia, foi executado o estudo hidrológico do exutório. Para isso foram utilizados alguns postos fluviométricos disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA). Na tabela 1 segue a relação de postos utilizados no estudo hidrológico.

Tabela 1: Postos fluviométricos utilizados no estudo hidrológico.

| Curso d'água | Código   | Nome da Estação           | Lat.   | Long.  | Área               | Q <sub>MLT</sub>    |
|--------------|----------|---------------------------|--------|--------|--------------------|---------------------|
|              |          |                           |        |        | (km <sup>2</sup> ) | (m <sup>3</sup> /s) |
| Rio Taquari  | 66870000 | Coxim                     | -18,51 | -54,76 | 27830,00           | 348,53              |
| Rio Taquari  | 66845000 | Pedro Gomes               | -18,17 | -54,47 | 9770,00            | 179,26              |
| Rio Taquari  | 66840000 | Perto de Pedro Gomes      | -18,16 | -54,47 | 9753,00            | 142,77              |
| Rio Jauru    | 66850000 | Contravertente            | -18,72 | -54,53 | 6324,00            | 61,28               |
| Rio Jauru    | 66855000 | Garimpagem                | -18,71 | -54,57 | 6763,00            | 77,94               |
| Rio Coxim    | 68490000 | Confluência com Rio Jauru | -18,73 | -54,58 | 7490,00            | 68,68               |
| Rio Araguaia | ---      | UHE Couto Magalhães       | -17,17 | -53,14 | 4.438              | 92,00               |

Aplicados os métodos estatísticos para a determinação da relação área de drenagem x vazão, foi possível estabelecer uma equação que representa esta relação, apresentada na Figura 2.

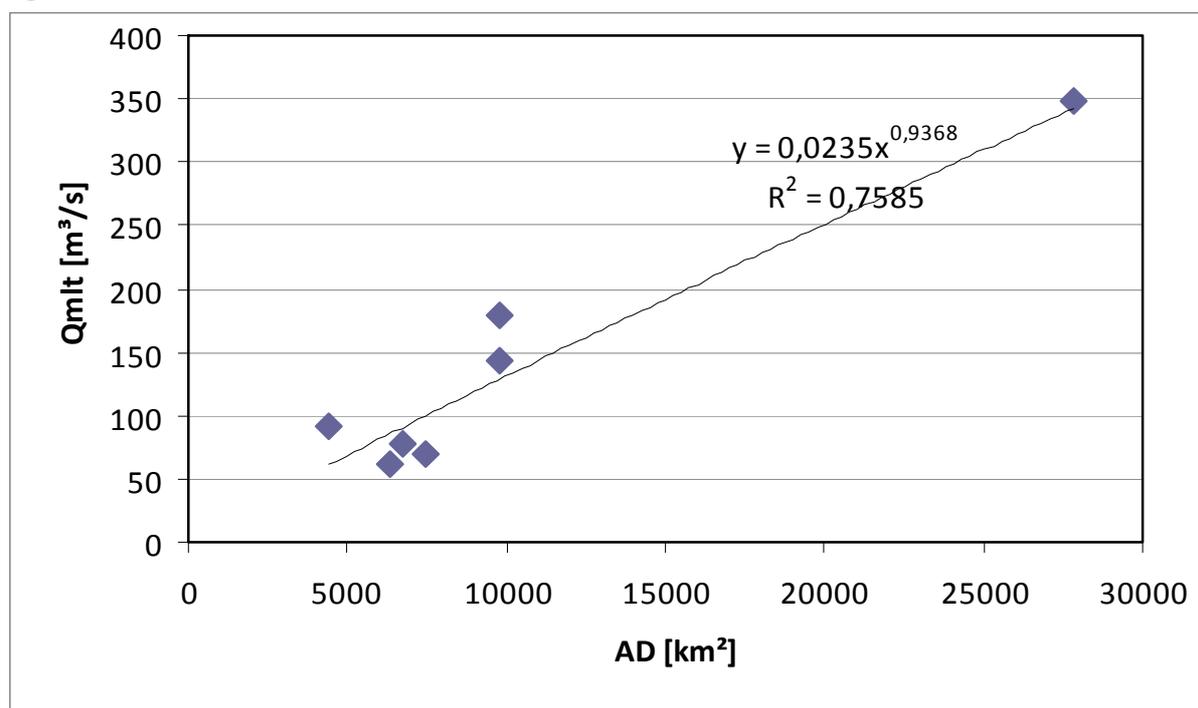


Figura 2: Gráfico que relaciona área de drenagem com vazão.

Com o uso da equação geral apresentada na figura anterior foi possível determinar a vazão no exutório em função de cada área de drenagem. Utilizando a equação elementar de geração de potência elétrica (Equação 1) e a equação da geração de energia elétrica (Equação 2) pôde-se montar a Tabela 2, admitindo uma altura (H) de 20 metros e o valor de R\$150,0 o valor do MWh.

$$Pot = \frac{Q \times H \times g}{1000} \quad (1)$$

Onde: Pot : Potência elétrica em MW

Q: Vazão no exutório (m<sup>3</sup>/s)

H: Altura (m)

g: aceleração da gravidade  $\approx$  (10 m<sup>2</sup>/s)

$$Energia\ gerada = Pot \times 8760 \times 0,02 \quad (2)$$

Onde :Energia gerada: Energia gerada no ano em MWh

8700: Número de horas no ano

0,02: Coeficiente

Tabela 2: Variação da área de drenagem interferindo no valor da energia.

| Imagem | Área de drenagem (km <sup>2</sup> ) | Vazão (m <sup>3</sup> /s) | Pot (MW) | Energia Gerada (MWh) | Variação (MWh) | Valor monetário (R\$) |
|--------|-------------------------------------|---------------------------|----------|----------------------|----------------|-----------------------|
| ASTER  | 14013,6                             | 180,12                    | 36,024   | 6311,40              | 76,03          | 11404,5               |
| SRTM   | 13833,5                             | 177,95                    | 35,590   | 6235,37              |                |                       |

#### 4. Conclusões

Com base nos dados apresentados e nos valores obtidos, concluiu-se que a escolha e verificação da imagem a ser utilizada como base (ASTER/SRTM) no processo de geração automática de área de drenagem, afetou o ganho ou a perda monetária, dependendo da aplicação a que se destinou tais dados.

Uma variação inferior a 2% nos tamanhos das áreas pode acarretar num valor significativo se pensado a longo prazo, este valor pode ser ainda maior, levando-se em conta as PNRH.

Ainda que a relação custo x tempo x benefício seja atraente, é recomendável, sempre que possível, a verificação pós-processamento, tendo em vista que os estudos e metodologias são desenvolvidos a partir de modelos matemáticos e que nem sempre atendem 100% as necessidades do usuário.

#### 5. Referências Bibliográficas

ANA. Disponível em: < <http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: novembro de 2010

ANEEL. Disponível em: < [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia\\_hidraulica/energia\\_hidraulica.htm](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_hidraulica/energia_hidraulica.htm)>. Acesso em: novembro de 2010

Burrough, P. A. **Principles of Geographical Information System for Land Resources Assessment**. New York. Oxford University Press, 1986.

Burrough, P.A., McDonnel, R.A. **Principles of Geographical Information Systems: Spatial Information Systems and Geostatistics**. Oxford. Oxford University Press., 1998. 333 p.

Geo.NET - Portal de suporte a softwares SIG. Disponível em: <<http://www.geoprocessamento.net/>>. Acesso em: novembro 2010.

Jenson, S.K.; Domingue, J.O. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda**, v.54, n.11, p.1.593-1.600, 1988.

NASA. Disponível em: < <http://asterweb.jpl.nasa.gov/>>. Acesso em: novembro de 2010.