

GERAÇÃO DE UMA CARTA COM VALORES DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL A PARTIR DE SENSORIAMENTO REMOTO

Rômulo M. AMORIM¹; Fábio L. ALBARICI²; Miguel A. I. DEL PINO³;

RESUMO

O escoamento superficial de uma área pode sofrer variações com fatores diversos e seu estudo pode ser facilitado partindo-se da distribuição espacial de sua ocorrência. Afim de quantificar o escoamento e demonstrar sua distribuição, esta pesquisa utiliza-se das técnicas de classificação de imagens para identificar a constante CN (*Curve Number*) do método SCS-USDA (*Soil Conservation Service – United States Department of Agriculture*). A distribuição espacial das estações pluviométricas permite a interpolação de seus dados e assim efetivar o cálculo do escoamento gerando-se a carta com esses valores.

INTRODUÇÃO

O município de Inconfidentes – MG localiza-se às margens do rio Mogi Guaçu que apresenta ocorrências frequentes de cheias em alguns pontos.

O escoamento superficial sofre influência de diversos fatores que facilitam ou prejudicam a sua ocorrência. Estes fatores podem ser de natureza climática, relacionados à precipitação ou de natureza fisiográfica ligados às características físicas da bacia (VILLELA; MATTOS; 1975). A maioria das técnicas utilizadas em estudos hidrológicos depende, para sua aplicação, de informações confiáveis oriundas de estações fluviométricas e pluviométricas distribuídas nas regiões hidrográficas (EUCLYDES; FARIA FILHO; FERREIRA, 2004).

O objetivo desta pesquisa é usar o método desenvolvido pelo *Soil Conservation Service* em 1972, vinculado ao Departamento de Agricultura dos

- ¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG - E-mail: romulomagamorim@yahoo.com.br
- ² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG - E-mail: fabio.albarici@ifsulde Minas.edu.br
- ³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG - E-mail: miguel.toledo@ifsulde Minas.edu.br

Estados Unidos (SCS-USDA, *Soil Conservation Service – United States Department of Agriculture*) associado à imagem orbital do sensor THEOS para quantificar o escoamento superficial na porção da bacia do Rio Mogi Guaçu à montante do município de Inconfidentes - MG. Assim gera-se uma carta georreferenciada com os valores do escoamento superficial da área em estudo.

Além dos valores de precipitação este método trabalha com uma constante de valor tabelado, CN (*Curve Number*) a qual varia de acordo com classes de ocupação do solo previamente estabelecidas. Contudo um bom resultado na classificação da imagem orbital se torna o fator determinante para um bom resultado neste tipo de aplicação, e ainda torna o estudo do escoamento superficial mais dinâmico visto que diferentes eventos pluviométricos terão seus efeitos sobre a superfície detalhados em uma imagem.

MATERIAL E MÉTODOS

A classificação pelos métodos da Distância Mínima e da Máxima Verossimilhança (*MAXVER*) são métodos supervisionados de classificação de imagens. Para implementação da classificação supervisionada o analista, a partir do conhecimento da área ou por inferências, relaciona áreas da imagem com as classes de cobertura da terra que deseja separar. As classes são, portanto, definidas a priori e o processo de classificação visa a enquadrar cada pixel a uma classe (IBGE, 2000). Para auxiliar na classificação é comum o uso de índices de vegetação. Os índices de vegetação são transformações lineares de bandas espectrais, geralmente nas faixas do vermelho e infravermelho próximo. (EPIPHANIO; GLERIANI; FORMAGGIO, 1996).

O índice de vegetação mais conhecido e utilizado é o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Segundo Rouse et al. (1974) apud Gurgel (2000), o NDVI é expresso por:

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{Red}) / (\rho_{NIR} + \rho_{Red}) \quad (1)$$

Onde: ρ_{Red} e ρ_{NIR} representam, respectivamente, os valores de reflectância na região do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético de objetos na superfície terrestre.

Outro índice usado neste trabalho foi o índice SAVI. Segundo Ponzoni e Shimabukuro (2007) pela sensibilidade dos índices de vegetação em relação ao material de fundo (solo) o SAVI introduz uma constante “L” que tem a função de minimizar o efeito do solo no resultado final do índice.

Assim, a fórmula para o cálculo do SAVI fica:

$$SAVI = [(\rho_{NIR} - \rho_{Red} / \rho_{NIR} + \rho_{Red}) \cdot (L)] \cdot (1 + L) \quad (2)$$

Onde: ρ_{Red} e ρ_{NIR} também representam, respectivamente, os valores de reflectância na região do vermelho e infravermelho próximo.

Para 'L' os valores ótimos são 1, 0.5 e 0.25 variando pela condição de densidade da vegetação como a região de trabalho possui uma vegetação variada foi utilizado 0.5.

Um dado importante para a realização da classificação foi a integração dos dados SRTM aos arquivos de amostra (SAVI, NDVI, imagem THEOS). Segundo Valeriano (2004), o arranjo da missão foi projetado para coletar medidas tridimensionais da superfície terrestre através de interferometria. A partir do dia 23 de setembro de 2014 os dados SRTM passaram a ser disponibilizados com resolução espacial de 1" ou 0,000277° (30m) (PRATES, 2014).

A avaliação da classificação da imagem será feita através da matriz de confusão ou de erros. Com a matriz de confusão estima-se a estatística *Kappa*. O coeficiente *Kappa* (K) é uma medida da concordância real (indicado pelos elementos diagonais da matriz de confusão) menos a concordância por chance (indicado pelo produto total da linha e coluna, que não inclui entradas não reconhecidas), ou seja, é uma medida do quanto à classificação está de acordo com os dados de referência (FIGUEREDO; VIEIRA, 2007).

O método SCS-USDA foi desenvolvido a partir de dados de grande número de bacias experimentais, tendo a análise dessas informações permitindo evidenciar a seguinte relação (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2006):

$$\frac{I}{S} = \frac{ES}{Pe} \quad (3)$$

Em que: I = infiltração acumulada após o início do escoamento superficial (mm); S = infiltração potencial (mm); ES = escoamento superficial total (mm); Pe = escoamento potencial ou excesso de precipitação (mm);

Segundo Pruski, Brandão e Silva (2006), a equação (3) é válida a partir do escoamento superficial que se resume na diferença entre a precipitação total (PT) e absorções iniciais (Ia), ou seja, excesso de precipitação (Pe). As abstrações iniciais correspondem a toda precipitação que ocorre antes do início do escoamento superficial. Sendo assim pode-se afirmar que a precipitação excedente também pode ser definida como sendo a soma do escoamento superficial (ES) e a absorção inicial (Ia). Por fim manipulando a equação (3) encontra-se:

$$ES = \frac{Pe^2}{Pe+S} \quad (4)$$

Ao analisar o comportamento das bacias experimentais estudadas, foi possível ao SCS-USDA evidenciar que:

$$Ia = 0,2 * S \quad (5)$$

Com a definição de precipitação excedente e as equações (4) e (5), pode-se quantificar o escoamento superficial a partir de:

$$ES = \frac{(PT-0,2*S)^2}{(PT+0,8*S)} \quad (6)$$

O SCS-USDA obteve, a partir da análise de uma série de hidrogramas associados a diferentes bacias hidrográficas, a seguinte relação:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (7)$$

Em que CN é o número da curva, cujo valor pode variar entre 1 e 100, e depende do uso e manejo da terra, do grupo de solo, da condição hidrológica e da umidade antecedente do solo (PRUSKI; BRANDÃO; SILVA, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo de integrar os dois índices mais a imagem SRTM à imagem THEOS é garantir boa determinação do uso e ocupação do solo para determinar a constante CN do Método SCS-USDA.

Em busca do melhor resultado a integração foi feita e os resultados para Acurácia Global e Coeficiente Kappa analisados, conforme as Tabelas 1 e 2:

Tabela 1- "Resultados da Classificação por MAXVER".

Integração	Acurácia Global (%)	Coeficiente Kappa
Método de classificação: Máxima Verossimilhança		
IMAGEM THEOS	0	0
THEOS + NDVI	67.1352	0.5602
THEOS + SAVI	72.852	0.6225
THEOS + SRTM	0	0
THEOS + SRTM + NDVI	79.0796	0.6986
Método de classificação: Mínima Distância		
IMAGEM THEOS	71.4363	0.4846
THEOS + NDVI	68.2196	0.5664
THEOS + SAVI	68.2264	0.5665
THEOS + SRTM	49.7215	0.3770
THEOS + SRTM + NDVI	49.7329	0.3771

Segundo Fonseca (2000), a avaliação do índice Kappa pode ser feita a partir dos intervalos: 0 (Péssimo); $0 < K < 0,2$ (Ruim); $0,2 < K < 0,4$ (Razoável); $0,4 < K < 0,6$ (Bom);

0,6<K<0,8 (Muito Bom); 0,8<K<1,0 (Excelente). Assim classifica-se como melhor resultado a classificação por MAXVER da integração: imagem THEOS, SRTM e Índice NDVI. Para demonstrar o cálculo do escoamento foram escolhidas algumas estações pluviométricas a partir dos dados de posição e da disponibilidade de leituras de chuva. As estações interpoladas foram as de Borda da Mata, Inconfidentes, Bom Repouso, Ouro Fino, Conceição dos Ouros, Bueno Brandão e Monte Sião, utilizando o método do Inverso da Distância. Cada estação teve uma máxima estimada para o ano de 2013 para que a carta da precipitação máxima estimada estivesse em um mesmo período.

A Figura 1 mostra o produto final gerado, onde pode-se analisar a distribuição espacial do escoamento superficial.

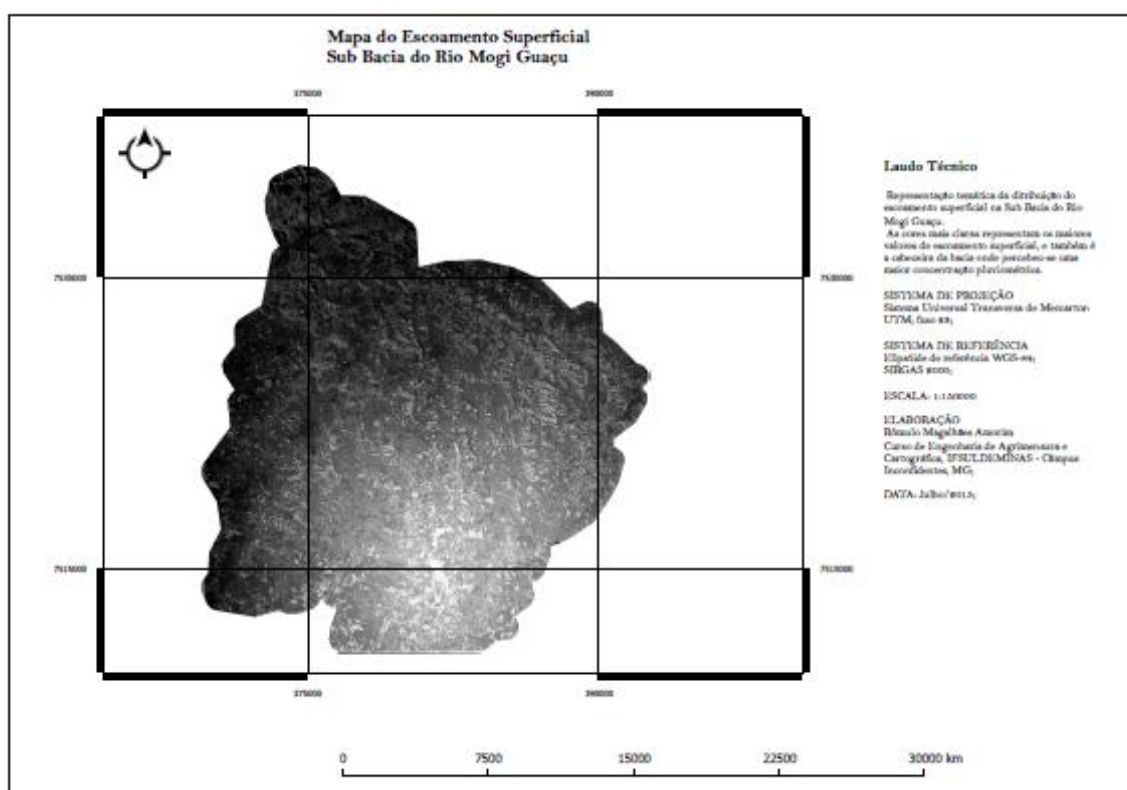


Figura1-"Mapa do escoamento superficial da bacia".

CONCLUSÕES

Os estudos, projetos e planejamentos aos quais necessitam de análises do escoamento superficial de grandes áreas podem ser auxiliados por este tipo de produto. É importante salientar que ele deve ser utilizado sempre integrado a outro tipo de informação, tais como modelos digitais de elevação, para uma melhor interpretação. Nesta pesquisa não realizou-se a integração do modelo digital de terreno (MDT), pois o objetivo era a geração de uma carta de escoamento superficial

através de Sensoriamento remoto. O grande impasse para a elaboração de uma carta desta está na indisponibilidade de dados pluviométricos ou estações suficientes para a interpolação dos dados de chuva.

Projetos de planejamento urbano ou planejamento ambiental são os mais recomendados para a aplicação deste produto, pois baseado na metodologia aplicada nesta pesquisa tem-se confiabilidade e acurácia nos dados apresentados pelo produto final gerado.

REFERÊNCIAS

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; **Índices de Vegetação no Sensoriamento Remoto da Cultura do Feijão**; Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 31, n. 6, p.445-454, 1996.

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. **Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto**. Anais Xiii Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, p.5755-5762, 26 abr. 2007.

FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000. 105p.

GURGEL, H. C.; **Variabilidade especial e temporal do NDVI sobre o Brasil e suas conexões com o clima**; São José dos Campos, 2000. 118 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

IBGE; **Introdução ao Processamento de Digital de Imagens**; Rio de Janeiro: Ibge, 2000.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**; São José dos Campos: Parêntese, 2007.

PRATES, I.; **Dados SRTM com Resolução Espacial de 30m são disponibilizados**. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2014/09/25/dados-srtm-com-resolucao-espacial-de-30-m-sao-disponibilizados/>>. Acesso em: 25 set. 2014.

VALERIANO, M. de M.; **Modelo Digital de Elevação com Dados SRTM Disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos: INPE, 2004.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A.; **Hidrologia Aplicada**; São Paulo: Mcgraw do Brasil, 1975.

EUCLYDES, H. P.; FARIA FILHO, R. F.; FERREIRA, P. A.; **Atlas Digital das Águas de Minas Gerais**; Viçosa; Governo de Minas, 2004. 78 p. CD-ROM.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. dos S.; SILVA, D. D. da.; **Escoamento Superficial**; 2. ed. Viçosa: Ufv, 2006. 87 p.