

COMPARANDO CLASSIFICAÇÕES DE IMAGEM DE SATÉLITE DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL NA HIDROLOGIA URBANA DO ARROIO PEPINO (PELOTAS/RS)

GUSTAVO WILLY NAGEL¹; JADE SILVA DE OLIVEIRA²; FABRÍCIO DA SILVA TERRA³

¹Universidade Federal de Pelotas – gustavoonagel@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – ejade_s_oliver@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – fabricio.terra@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto é uma geotecnologia utilizada na obtenção de imagens da superfície terrestre através do registro de energia refletida ou emitida pela superfície (FLORENZANO 2011). O sensor que detecta esta energia pode estar a bordo de satélites, aeronaves ou mesmo na superfície. No mapeamento de uso e cobertura da superfície, a resolução espacial da imagem é imprescindível. Para otimização desta atividade, faz-se necessário também o uso de algoritmos de classificação de imagem que podem ser supervisionados ou não, tais como: Máxima Verossimilhança Gaussiana (MaxVer) ou k-Médias, respectivamente.

Para estudos hidrológicos urbanos torna-se importante a aplicação de imagens de alta resolução espacial para que seja possível identificar, classificar e mapear com qualidade e acérea diferentes ocupações da superfície. Inclusive, é possível o emprego destas imagens no cálculo da curva-número (CN) em bacias hidrográficas urbanas (BHU), uma vez que diferentes coberturas tornam a superfície mais ou menos impermeável. O Método Curva-Número (Método CN) visa o cálculo do deflúvio total, gerado em uma bacia a partir da chuva efetiva. Estes valores são úteis para o dimensionamento de terraços de infiltração e bacias de contenção, assim como para estimativas de vazão de projeto com base na Hidrógrafa Sintética Triangular. Os valores de CN correspondem à porcentagem (de 1 % a 100 %) de água escoada (deflúvio), e estão associados ao uso e cobertura da bacia (Mello e Silva, 2013).

A BHU do Arroio Pepino está localizada no município de Pelotas/RS e vem sofrendo intenso processo de urbanização ocasionando maior escoamento superficial em períodos chuvosos e, conseqüentemente, inundações na respectiva região (Cardoso, 2012). Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi comparar o efeito de diferentes mapas de uso e cobertura da superfície, produzidos através das classificações MaxVer e k-Médias, no cálculo da curva-número da BHU do Arroio Pepino. Este trabalho está baseado na hipótese de que diferentes algoritmos de classificação de imagens produzem mapas divergentes que, por sua vez, afetam o valor CN desta BHU.

2. METODOLOGIA

Conforme mencionado anteriormente, a área de estudo foi a BHU do Arroio Pepino situada no perímetro urbano do município de Pelotas (RS). Utilizou-se uma imagem RapidEye ortorretificada com resolução espacial de 5m e resolução espectral como segue: banda 1 (azul: 440-510 nm), banda 2 (verde: 520-590 nm), banda 3 (vermelho: 630-685 nm), banda 4 (limite-vermelho: 690-730 nm) e banda 5 (infravermelho próximo: 760-850 nm). Esta imagem foi adquirida junto ao Ministério do Meio Ambiente (MMA).

As classificações da imagem foram realizadas no software ENVI 4.5. Para a classificação não-supervisionada, onde a interferência do analista é mínima, utilizou-se o algoritmo k-Médias, que é baseado na comparação entre os valores dos pixels e cujo objetivo é minimizar a variabilidade interna dos agrupamentos (classes) gerados dimensionados a partir da soma da distância ao quadrado (Equação 1). Foi estabelecido um número máximo de 10 classes para definição automática do algoritmo com limiar de 5% (Meneses e Almeida, 2012).

Para a classificação não-supervisionada, onde a interferência do analista é mínima, utilizou-se o algoritmo k-Médias, que é baseado na comparação entre os valores dos pixels e cujo objetivo é minimizar a variabilidade interna dos agrupamentos (classes) gerados. Tais agrupamentos são dimensionados a partir da soma da distância ao quadrado (Equação 1). Foi estabelecido um número máximo de 10 classes para definição automática do algoritmo com limiar de 5% (Meneses e Almeida, 2012).

$$SS_{distância} = \sum_{xy} [x - C(x)]^2 \quad \text{Equação 1}$$

Onde: $C(x)$ = média do agrupamento ao qual o pixel x é alocado.

Para a classificação supervisionada, onde o analista escolhe pixels de treinamento correspondentes a cada uma das classes estabelecidas, utilizou-se o algoritmo MaxVer, que pondera as distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes (Equação 2). A metodologia calcula a probabilidade de um dado pixel pertencer a uma classe específica assumindo que as bandas tem distribuição normal, e os pixels são classificados de acordo com as classes que tem maior probabilidade (Meneses e Almeida, 2012). Foram estabelecidas 9 classes utilizando um limiar de 0% para que nenhum pixel ficasse sem classificação.

$$X \in \omega_i \text{ se } p(x|\omega_i) p(\omega_i) > p(x|\omega_j) p(\omega_j) \quad \text{Equação 2}$$

O termo $p(x|\omega_i)$ expressa a probabilidade de x pertencer à classe ω_i , e $p(\omega_i)$ é a probabilidade de a classe ocorrer na imagem, que de fato é conhecida das áreas de treinamento.

A delimitação da BHU do Arroio Pepino foi obtida através da digitalização e vetorização de mapa disponível em Cardoso (2012). As imagens classificadas foram transportadas para o programa ArcGis 10.1 para demais processamentos. Através da transformação raster-vetor, grupos de pixels de uma mesma classe e vizinhos foram transformados em polígonos. A partir da ferramenta *Merge*, uniram-se os polígonos espacialmente distantes entre si, porém pertencentes às mesmas classes. As classes Asfalto e Telhado, criadas a partir do classificador K-média, foram unidas, pois, devido as suas similaridades, os dois alvos foram confundidos, o que acabou por gerar mapas não condizentes com a realidade. Posteriormente, calcularam-se as áreas dos polígonos de cada classe e a porcentagem de cada classe em relação à área total da bacia. Retiraram-se, através da ferramenta *Erase*, as nuvens e suas respectivas sombras que confundiam os classificadores.

Para o cálculo do CN total da BHU do Arroio Pepino, usaram-se as classes e suas respectivas porcentagens de área para ponderar o valor de CN de cada classe em um único valor representativo para toda a bacia, conforme a Equação 3. Realizaram-se considerações para combinar os valores de CN tabelados, conforme Mello e Silva (2013), com as classes geradas através dos algoritmos de classificação. As classes referentes ao banhado e à água não foram consideradas para o cálculo do CN. As considerações podem ser visualizadas no quadro 1.

$$CN_{total} = \frac{(CN_1 \times \text{Área}_1) + (CN_2 \times \text{Área}_2) + \dots (CN_n \times \text{Área}_n)}{(\text{Área}_1 + \text{Área}_2 + \dots \text{Área}_n)} \quad \text{Equação 3}$$

MaxVer				K-Médias			
Classes	Categoria Tabelada	Área (%)	CN	Classes	Categoria Tabelada	Área (%)	CN
Asfalto	Ruas e estradas (Pavimentadas e coletores abertos)	43,58 1	93	Telhado/Asfalto	Áreas residenciais (lotes urbanos)/Estradas Pavimentadas	46,01 5	94
Estrada de Terra	Ruas e estradas (Estradas de Terra)	11,11 3	89	Estrada de Terra	Ruas e estradas (Estradas de Terra)	21,11 3	89
Telhado (zinco)	Áreas residenciais (Lotes Urbanos)	17,18 3	94	Telhado claro	Áreas residenciais (Lotes Urbanos)	3,360	94
Telhado (barro)		3,408	94	Área Verde	Espaços Abertos (Cobertura com grama >75%)	9,660	80
Vegetação Baixa	Campos Permanentes (esparços, baixa transpiração)	24,01 4	83	Baixa Vegetação	Campos Permanentes (esparços, baixa transpiração)	9,275	83
Vegetação Densa	Campos Permanentes (densas, alta transpiração)	0,525	77	Alta Vegetação	Campos Permanentes (normais)	3,771	79
Árvores	Florestas (normais)	0,175	76	Densa Vegetação	Campos Permanentes (densas, alta transpiração)	4,662	77
				Árvores	Florestas (normais)	2,144	76

Figura 1- Quadro que relaciona as categorias tabeladas, e seus valores de CN, com as classes geradas a partir dos classificadores, assim como o percentual de suas respectivas áreas.

Fonte: Elaboração Própria.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se utilizou nenhuma metodologia a campo para a avaliação dos resultados das classificações, sendo que todas as análises foram feitas através de comparações das classificações geradas com relação às verdades terrestres obtidas a partir do conhecimento prévio da região e das imagens do GoogleEarth.

Foram observadas diferenças entre os mapas temáticos de uso e cobertura da superfície obtidos das classificações realizadas (Figura 1). Apesar do algoritmo k-Médias ter gerado mais classes de vegetação, representando melhor as diferenças entre esse alvo, o mesmo confundiu alvos de energia refletida intensa, como estrada de chão e telhados. Este resultado acabou por aumentar a área referente às estradas de terra e, por consequência, subestimou o valor de CN da bacia. Isso se deve, principalmente, ao fato de o classificador ter atribuído como estrada de terra alvos que, na realidade, eram telhados claros, com alta reflectância. Isso pode ser observado a partir de pontos de estrada de terra criados pelo programa em meio à região central da cidade de Pelotas, local predominantemente asfaltada. O algoritmo MaxVer, apesar de possuir menos diferenciação nas classes de vegetação, não confundiu as classes referentes de telhado e asfalto. Isso se deve ao fato de ter-se utilizado amostras de treinamento durante a calibração do algoritmo, feita a partir da amostragem de telhados de alta reflectância e telhados de zinco em uma mesma classe. A figura 1 mostra os mapas gerados a partir do algoritmo MaxVer e k-Médias, assim como a localização da Bacia do Arroio Pepino em relação ao município de Pelotas. As regiões brancas localizadas na bacia são provenientes da retirada das nuvens e suas sombras. O valor de CN encontrado segundo o método da Máxima Verossimilhança foi de 90,246 e, segundo o método K-médias, foi de 88,828.

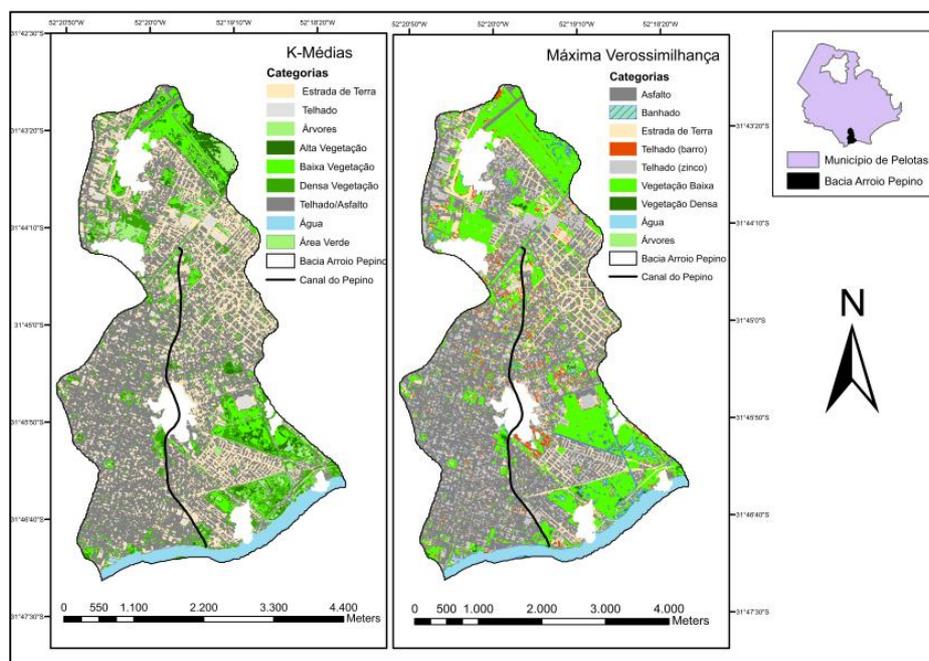


Figura 1- Mapas de uso e cobertura da superfície para a BHU do Arroio Pepino.
Fonte: Elaboração Própria

4. CONCLUSÕES

Diferenças no mapeamento de uso e cobertura da superfície, produzidas pelos algoritmos de classificação, acarretam em uma diferença de valor CN da BHU estudada. A classificação equivocada obtida pelo algoritmo k-Média acaba por subestimar o valor de CN calculado para a BHU do Arroio Pepino. A classificação obtida pelo algoritmo MaxVer apresenta-se como a melhor opção na geração de um mapa de uso e cobertura mais acurado para o cálculo do CN da BHU. Imagens de satélite de alta resolução espacial apresentam-se como uma ferramenta importante e necessária para o cálculo da curva-número (CN) de uma BHU, uma vez que as proporções correspondentes a cada categoria podem ser consideradas no cálculo total da bacia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARDOSO, E.C.A. **Mapeamento das transformações socioambientais da Bacia Hidrográfica do Arroio Pepino, 1916 – 2011 / Pelotas (RS)**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade de Rio Grande.
- FLORENZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 3ed. ampl. e atual.
- MELLO, C.R.; SILVA, A.M. **Hidrologia: Princípios e Aplicações em Sistemas Agrícolas**. Lavras-MG: UFLA, 2013.
- MENESES, P.R; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento de Imagens**. Brasília: Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, 2012.
- SARTORI, A; NETO, F.L; GENOVEZ, A.M. **Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Campinas, vol 10, n4.p.12, 2005.