

## INVENTÁRIO DE FEIÇÕES EROSIVAS DA SUB-BACIA RIBEIRÃO JOSÉ PEREIRA E MONITORAMENTO DE SUA EVOLUÇÃO EM IMAGENS DE SATÉLITE SPOT 4 E SPOT 5

Alex Bley Hossu<sup>1</sup> (IC), Nívea Adriana Dias Pons (PQ)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá

**Palavras-chave:** Erosão. Sensoriamento remoto. SIG. Uso e ocupação do solo. MAXVER. OTB.

### Introdução

O uso descontrolado do solo tem sido responsável por muitos dos problemas ambientais que as bacias hidrográficas vivenciam, como processos erosivos, deslizamentos, desmatamento, entre outros, resultando em um ambiente precário (Hossu e Pons, 2022), que consequentemente gera um ambiente com muitas áreas degradadas, o que pode acarretar não só problemas ao meio ambiente, mas também afetar a qualidade de vida dos seres vivos próximos ao local, como por exemplo haver impacto negativo em relação à regulação do clima local, fornecimento de água potável e polinização de cultivos agrícolas.

Segundo Zizala et al. (2018), dados sobre a real extensão do solo degradado pela erosão representam informações importantes para fins de política de conservação. Nesse sentido, os autores desenvolveram um método baseado em sensoriamento remoto para identificar áreas erodidas em escala regional, onde foi usada uma combinação de séries temporais de dados de imagem Sentinel-2 de acesso livre, ortoimagens aerotransportadas e dados verdadeiros do solo. O estudo mostrou o potencial da abordagem testada para produzir dados valiosos sobre a degradação real do solo pela erosão.

Nesse contexto, este projeto visa analisar o potencial das imagens fornecidas pelo satélite SPOT (Sistema Por Observação da Terra), devido a alta resolução espacial (10m SPOT4 e 5m SPOT5), a fim de identificar feições erosivas nos anos de 2002, 2005 e 2010, na sub-bacia ribeirão José Pereira, localizado no município de Itajubá-MG. Este período foi escolhido a fim de se obter informações sobre a evolução das atividades humanas sobre o ambiente natural e em função da disponibilidade de imagens de boa qualidade para a análise. Vale ressaltar que o conhecimento histórico, juntamente com as ferramentas do Sistema de Informações Geográficas (SIG), auxilia a compreender os efeitos das mudanças climáticas sobre a vegetação, atividades humanas e outras questões relacionadas ao meio ambiente.

### Metodologia

As atividades desenvolvidas para realizar a análise das feições erosivas referentes aos anos de 2002, 2005 e 2010 foram divididas em seis etapas:

I) Coleta das imagens multiespectrais e pancromática dos satélites SPOT 4 (12/06/2002) e SPOT 5 (06/05/2005 e 09/03/2010) as imagens obtidas foram de dias diferentes, em razão da disponibilidade e da menor cobertura de nuvens possível. Apenas a imagem referente ao ano de 2005 apresentou 10% de cobertura de nuvens, as demais não apresentaram cobertura de nuvens.

II) Composição das imagens RGB das bandas multiespectrais para se aproximar das cores verdadeiras. Vale ressaltar que nenhum satélite SPOT apresenta a banda azul e, por isto, dificulta a obtenção de cores verdadeiras. Para o SPOT 4 foi realizada a composição na seguinte ordem: Verde, Vermelho e Infra-vermelho próximo e SPOT 5 a seguinte composição: Infra-vermelho próximo, verde e vermelho.

III) Fusão das imagens multiespectrais com a pancromática (ferramenta Pansharpening), utilizando o SIG QGIS 3.22.6: este processamento permite ajustar o tamanho do pixel de 20 m para 10 m no SPOT 4 e para o SPOT 5 de 20 m para 5 m.

IV) Georreferenciamento das imagens coletadas: a imagem base utilizada como referência foi do Google Satellite, tendo sido considerados 9 pontos utilizando o tipo de transformação polinomial 1. Em seguida, os pontos que mais geraram erros foram removidos até sobram 4 pontos em busca do menor erro possível para a melhor correção de georreferenciamento das imagens.

V) Realização da classificação supervisionada (complemento Semi-Automatic Classification Plugin-SCP), através do método máxima verossimilhança (MAXVER): de acordo com os estudos realizados por Demarchi et al. (2011) e Celestini e Fensterseifer (2022), este método apresenta a melhor acurácia, com o intuito de se observar onde há solo exposto na sub-bacia por meio dos mapas de uso e ocupação do solo; para a coleta das amostras de cada classe de uso e ocupação do solo

considerou-se a cor, forma, textura e variação de altura. VI) Geração do índice Kappa para avaliar a acurácia da classificação supervisionada através da ferramenta “Accuracy” do complemento SCP.

Para fins de comparação de resultados, o método Orfeo Toolbox (OTB) também foi utilizado para a elaboração de mapas de uso e cobertura do solo e, para isso, utilizou-se o QGIS 3.22.6 e o complemento OTB 8.0.1. seguindo quatro etapas:

I) Coleta de amostras: para isso foi criada uma nova camada shapefile e nela foram coletadas as amostras manualmente, em forma de polígonos;

II) “ComputeImagesStatistics”: onde é calculada a média global e o desvio padrão para cada banda de um conjunto de imagens, sendo salvo em um arquivo XML; tal resultado é obtido apenas pelo fornecimento do resultado da imagem fusionada;

III) “TrainImagesClassifier”: onde ocorre o treinamento do classificador a partir da imagem fusionada obtida, da coleta de amostras realizadas na primeira etapa e das estatísticas calculadas pelo OTB na segunda etapa realizada, o que gera uma matriz confusão para posteriormente se calcular o índice kappa da classificação e gerar o modelo que resulta na classificação supervisionada;

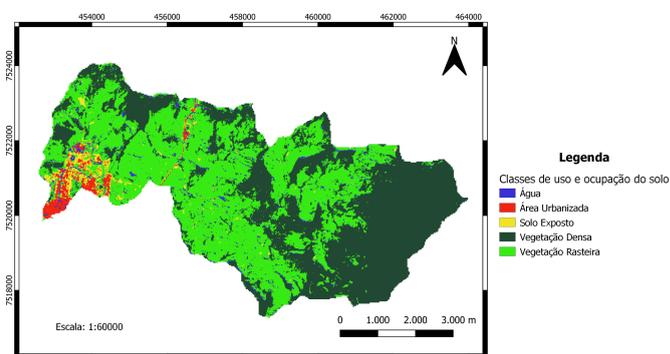
IV) “ImageClassifier”: gera a classificação supervisionada por meio da iteração do modelo gerado na terceira etapa e da imagem fusionada.

Após a realização dos mapas de uso e cobertura de solo, os resultados foram comparados com as pesquisas realizadas por Hossu e Pons (2022), onde os autores coletaram imagens dos satélites Landsat-8, Sentinel-2 e CBERS-4A com o intuito de identificar feições erosivas na sub-bacia ribeirão José Pereira nos anos de 2020 e 2021, e obtiveram que a área de estudo apresentou, aproximadamente, 2,5 km<sup>2</sup> de área urbanizada, 36 km<sup>2</sup> de vegetação (densas ou rasteiras) e, aproximadamente, 1 km<sup>2</sup> de solo exposto.

## Resultados e discussão

Neste trabalho, partiu-se da identificação de áreas de solo exposto e como ocorreu a sua evolução, considerando-se que são áreas indicativas de presença de processos erosivos. Logo, utilizando-se as imagens do satélite SPOT de 2002, 2005 e 2010, foram gerados os mapas de uso e ocupação do solo da sub-bacia ribeirão José Pereira através do método MAXVER (Figuras 1, 2 e 3). Posteriormente, a partir dos mapas gerados foi possível obter as áreas referentes a cada classe de uso e ocupação do solo (Tabela 1) e os valores dos índices kappa e exatidão de cada classificação

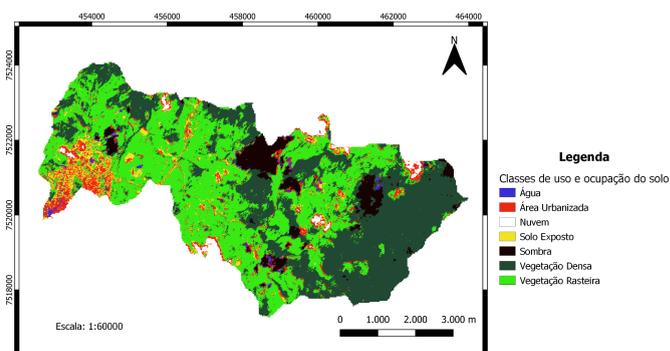
(Tabela 2).



Autor: Alex Bley Hossu

DATUM/Sistema de Projeção: SIRGAS 2000/ UTM 23S

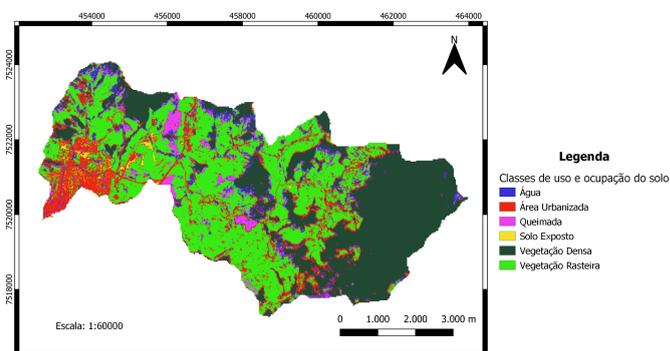
Figura 1 – Mapa de uso e ocupação do solo de 2002, utilizando o método MAXVER



Autor: Alex Bley Hossu

DATUM/Sistema de Projeção: SIRGAS 2000/ UTM 23S

Figura 2 – Mapa de uso e ocupação do solo de 2005, utilizando o método MAXVER



Autor: Alex Bley Hossu

DATUM/Sistema de Projeção: SIRGAS 2000/ UTM 23S

Figura 3 – Mapa de uso e ocupação do solo de 2010, utilizando o método MAXVER

Tabela 1 – Áreas das classes de uso e ocupação do solo obtidas pelo método MAXVER

Classes	Área 2002 (km <sup>2</sup> )	Área 2005 (km <sup>2</sup> )	Área 2010 (km <sup>2</sup> )
Água	1.00	0.38	2.72
Área Urbanizada	0.79	2.91	5.88
Nuvem	-	0.82	-
Queimada	-	-	1.62
Solo Exposto	0.94	1.59	0.25
Sombra	-	2.20	-
Vegetação Densa	17.49	14.30	12.94
Vegetação Rasteira	19.19	17.21	15.98

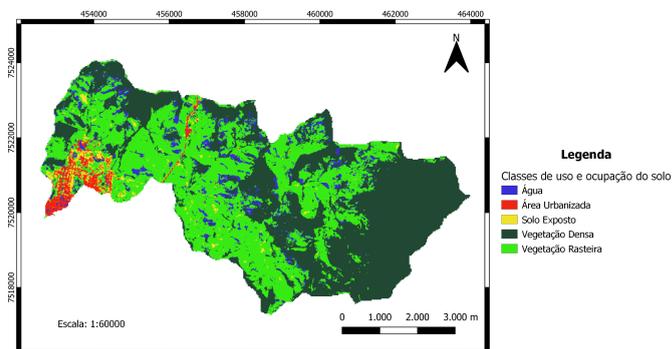
Observando-se as Figuras 1, 2 e 3 e a Tabela 1, verifica-se que o solo exposto na sub-bacia diminuiu cerca de 0,7 km<sup>2</sup> entre os anos de 2002 e 2010. Entretanto, nos anos de 2002 e 2005, houve um acréscimo de solo exposto de 0,03 km<sup>2</sup> na região.

Tabela 2 – Índice kappa e exatidão

Data da imagem	Índice kappa	Índice de exatidão
2002	0.968	98.20%
2005	0.907	93.81%
2010	0.941	95.88%

Como se pode observar, o índice kappa de todos os mapas de uso e ocupação de solo elaborados apresentaram um valor superior a 0,81 e, de acordo com Landis e Koach (1977), o nível de concordância é perfeito. A classificação que apresentou o melhor índice kappa e índice de exatidão foi a imagem referente ao SPOT 4 do ano de 2002, enquanto as imagens do SPOT 5 referentes aos anos de 2005 e 2010, apresentaram índices kappa e índices de exatidão inferiores. Devido à resolução espacial, era de se esperar que as imagens fornecidas pelo SPOT 5 (5 m) apresentassem uma maior acurácia do que o SPOT 4 (10 m).

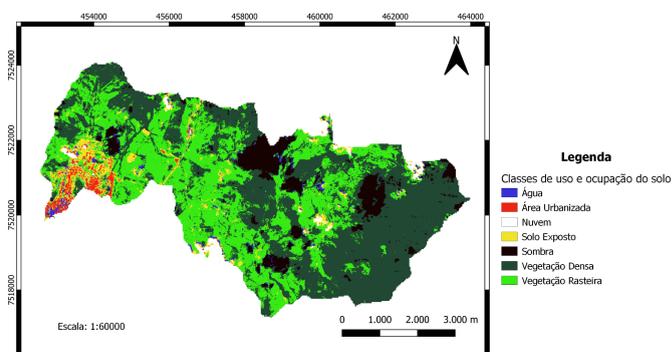
Para fins comparativos entre os métodos de classificação de imagem, foi utilizada a ferramenta OTB para as imagens coletadas e já processadas pelo método MAXVER. Os resultados gerados estão presentes nas Figuras 4, 5 e 6. Posteriormente, obtiveram-se as áreas de cada classe de uso e ocupação para cada mapa gerado (Tabela 3) e, em seguida, foram calculados os índices kappa para cada classificação, presente na Tabela 4.



Autor: Alex Bley Hossu

DATUM/Sistema de Projeção: SIRGAS 2000/ UTM 23S

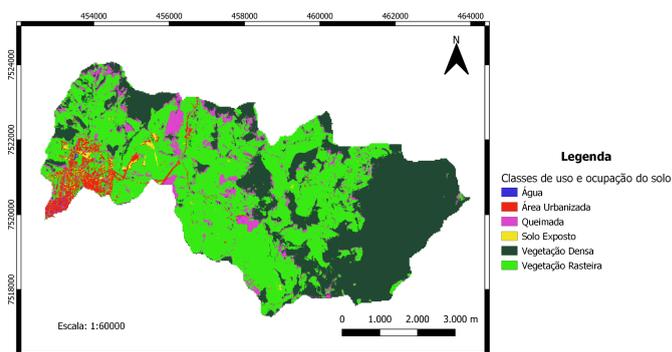
Figura 4 – Mapa de uso e ocupação do solo de 2002, utilizando o complemento OTB



Autor: Alex Bley Hossu

DATUM/Sistema de Projeção: SIRGAS 2000/ UTM 23S

Figura 5 – Mapa de uso e ocupação do solo de 2005, utilizando o complemento OTB



Autor: Alex Bley Hossu

DATUM/Sistema de Projeção: SIRGAS 2000/ UTM 23S

Figura 6 – Mapa de uso e ocupação do solo de 2010, utilizando o complemento OTB

Tabela 3 – Áreas das classes de uso e ocupação do solo obtidas pelo complemento OTB

Classes	Área 2002 (km <sup>2</sup> )	Área 2005 (km <sup>2</sup> )	Área 2010 (km <sup>2</sup> )
Água	2.52	0.58	0.05
Área Urbanizada	0.96	0.61	1.42
Nuvem	-	0.86	-
Queimada	-	-	3.03
Solo Exposto	0.87	1.85	0.29
Sombra	-	3.15	-
Vegetação Densa	17.84	17.82	14.46
Vegetação Rasteira	17.24	14.55	20.18

Tabela 4 – Índice kappa e exatidão do OTB

Data da imagem	Índice kappa	Índice de exatidão
12/06/2002	0.895	86.90%
06/05/2005	0.911	89.58%
09/03/2010	0.919	93.27%

A partir da observação da Tabela 4, verificou-se que a classificação utilizando a ferramenta OTB, da imagem do satélite SPOT 5 de 2010, com 5 m de resolução espacial, apresentou maior acurácia.

Comparando-se as acurácias dos métodos MAXVER e OTB, percebe-se que os índices kappa e exatidão diminuíram com o uso da ferramenta OTB, por exemplo, no ano de 2002 o MAXVER apresentou mais de 10% de índice de exatidão a mais que o OTB e, em relação ao índice kappa, uma melhora de 0,07.

### Conclusões

O método MAXVER aplicado na classificação da imagem do satélite SPOT4, de 2002, apresentou a melhor acurácia e precisão em relação às demais, apesar de apresentar resolução espacial inferior e ainda possuir resolução espectral igual nas bandas multiespectrais. No entanto, o número de classes de uso e ocupação identificadas para a elaboração do mapa de 2002, foi 5. Já o mapa de 2010 apresentou 6 classes e o mapa de 2005 apresentou 7 classes, isto em função da melhor resolução espacial que permitiu a identificação mais detalhada dos usos e ocupação na área de estudo. No entanto, apesar do maior número de classes, também ocorreu maior confusão entre as amostras coletadas para a classificação. Outro fator importante que pode estar relacionado à melhor acurácia e precisão do mapa de 2002 é a composição das imagens RGB, já que nenhum satélite SPOT apresenta a banda azul e, por isto,

dificulta a obtenção de cores verdadeiras.

A ferramenta OTB não apresentou grandes melhorias em relação ao MAXVER na elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo, o que não era de se esperar por ser uma ferramenta que pode processar imagens ópticas, multiespectrais e de radar de alta resolução. Os melhores resultados da classificação foram dos anos de 2010, com maior acurácia e precisão, seguido do ano de 2005 e depois de 2002.

Contudo, considera-se que as imagens do satélite SPOT disponibilizadas gratuitamente são de grande valia para o monitoramento de processos erosivos em áreas maiores que 4000 metros quadrados.

Por fim, conclui-se que as imagens de satélite auxiliam fortemente no processo de identificação de feições erosivas, porém, a visita a campo sempre é necessária, principalmente para o reconhecimento de áreas menores de feições erosivas.

### Agradecimentos

Agradeço à minha orientadora Nívea Adriana Dias Pons, aos meus pais, irmãos e amigos por todo apoio. Agradeço à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa fornecida para a realização desta iniciação científica.

### Referências

- CELESTINI, J.; FENSTERSEIFER, S. Análise comparativa de classificadores na determinação de áreas de floresta no município de Nova Bassano. **Congresso Florestal Brasileiro**, Brasília, 2022.
- DEMARCHI, J; SARTORI, A; ZIMBACK, C. Métodos de classificação de imagens orbitais para o mapeamento do uso do solo: estudo de caso na Sub-Bacia do Córrego das Três Barras. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**: INPE, Curitiba, PR, Brasil, p. 2644, 5 maio 2011.
- HOSSU, A. **Inventário de feições erosivas da sub-bacia José Pereira e monitoramento de sua evolução em imagens de satélite CBERS 4A, LANDSAT 8 E SENTINEL-2**. Orientadora: Nívea Adriana Dias Pons. 2022. Iniciação Científica (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2022.
- LANDIS J.; KOCH, G. The measurement of observer agreement for categorical data. **International Biometrics Society**, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.
- ZIZALA, D. et al. Mapping soil degradation using remote sensing data and ancillary data: South-East Moravia, Czech Republic. **European Journal of Remote Sensing**. Vol. 52. 2019.