
GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ANÁLISE TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA MEDIANTE CLASSIFICAÇÃO DIGITAL, NO PARQUE ESTADUAL DE VILA VELHA, ENTRE 1979-2010.

RODRIGO MARENDA
SELMA REGINA ARANHA RIBEIRO

Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG
Laboratório de Geoprocessamento UEPG
Departamento de Geociências, Ponta Grossa, PR
romaregeo89{selmar.aranha}@gmail.com

RESUMO - O presente estudo busca compreender como ocorreu a relação entre o uso e ocupação da terra do Parque Estadual de Vila Velha (PEVV), Ponta Grossa-PR e de sua zona de amortecimento com a evolução da questão ambiental na sociedade nos anos de 1979, 1990, 2000 e 2010. Para isso, produtos de Sensoriamento Remoto (SR), técnicas de geoprocessamento, Processamento de Imagens Digitais (PDI) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) foram utilizados. Imagens orbitais dos satélites Landsat 3 e 5, referentes à área de estudo nos anos supracitados, foram adquiridas e classificadas quantitativamente mediante o algoritmo Máxima Verossimilhança, gerando novas imagens classificadas, as quais foram avaliadas mediante Divergência Transformada e Matriz de Confusão. Posteriormente elas foram inseridas em um SIG e digitalizadas manualmente. Este processo permitiu quantificar as mudanças ocorridas no uso e ocupação da terra neste período. Os resultados foram analisados e comparados com o levantamento bibliográfico. Concluindo-se que a evolução da questão ambiental na sociedade possui elevada influência no uso e ocupação da terra na área de estudo.

ABSTRACT - This study seeks to understand how was the relationship between land use and occupation of the State Park of Vila Velha (PEVV), Ponta Grossa-PR and its buffer zone with the evolution of environmental issues in society in the years 1979, 1990, 2000 and 2010. To this end, products of Remote Sensing (RS), GIS techniques, Digital Image Processing (DIP) and Geographic Information Systems (GIS) were used. Landsat images of satellites 3 and 5, referring to the study area in the years above were acquired and quantitatively classified by maximum likelihood algorithm, generating new classified images, which were evaluated by Transformed Divergence and Confusion Matrix. Later they were entered into a GIS and scanned manually. This process allowed to quantify the changes in the use and occupation of land in this period. The results were analyzed and compared with the literature. It was concluded that the evolution of environmental issues in society has a high influence on the use and occupation of land in the study area.

1 INTRODUÇÃO

Paradigmas, conceitos e atitudes da sociedade mudam com o tempo, e mais especificamente, a preocupação com o ambiente evolui. Todavia, fica a questão: de que forma podemos quantificar quanto de fato esta evolução interferiu no ambiente. Para auxiliar a resposta desta questão, a classificação do uso e ocupação da terra pode ser utilizada. Esta é imprescindível para a gestão e preservação do meio ambiente e dos recursos naturais, possibilitando monitorar o desmatamento, o crescimento agropecuário, industrial e urbano sobre áreas de vegetação natural. A classificação do uso e ocupação da terra pode ser realizada a partir de imagens orbitais, que são amplamente utilizadas desde o início da década de 1970, sua utilização como salienta Liu (2007), diminui os custos, permitindo um monitoramento contínuo da evolução da dinâmica espacial e temporal da superfície terrestre; além de minimizar as morosas idas a campo.

Para quantificar a influência da evolução da questão ambiental no uso e ocupação da terra, a Unidade de Conservação (UC) denominada PEVV, localizada em Ponta Grossa –PR e sua zona de amortecimento foi escolhida

como área de estudo do presente trabalho, visto sua grande importância natural e científica. Além das peculiaridades ocorridas em sua gestão ao longo dos anos.

Para compreender esta relação, um levantamento bibliográfico foi realizado a respeito da preocupação com o ambiente em escalas diversas. Aliado a isso, a análise temporal do uso e ocupação da terra da área de estudo foi realizada mediante produtos do Sensoriamento Remoto (SR), Geoprocessamento, Processamento de Imagens Digitais (PDI) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Sendo assim o objetivo do presente trabalho é compreender como ocorreu a relação entre o uso e ocupação da terra do PEVV, Ponta Grossa-PR e de sua zona de amortecimento com a evolução da questão ambiental na sociedade entre os anos de 1979 a 2010. Os objetivos específicos são: quantificar as mudanças ocorridas no uso e ocupação da terra da área de estudo neste período, mediante produtos de Sensoriamento Remoto (SR), técnicas de geoprocessamento, Processamento de Imagens Digitais (PDI) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG); avaliar os resultados mediante Divergência Transformada, Matriz de Confusão e visitas a campo; comparar os resultados adquiridos mediante geotecnologias, com o levantamento bibliográfico. E por fim, discutir a relação entre o uso e ocupação da terra do PEVV, Ponta Grossa-PR e de sua zona de amortecimento com a evolução da preocupação com o ambiente na sociedade entre os anos de 1979 a 2010, com respaldo dos resultados adquiridos mediante as geotecnologias e do levantamento bibliográfico.

2 MATERIAL E MÉTODO

A metodologia deste trabalho foi efetuada em três etapas básicas (pré-processamento, processamento e pós-processamento): o pré-processamento refere-se às alterações e ajustes necessários nos produtos de SR antes do processamento; o processamento em si refere-se à manipulação e aos procedimentos realizados para realçar determinadas feições e melhorar a visualização da imagem segundo o objetivo pretendido; já o pós-processamento refere-se à avaliação dos resultados adquiridos. A Figura 1 busca facilitar o entendimento destas etapas.

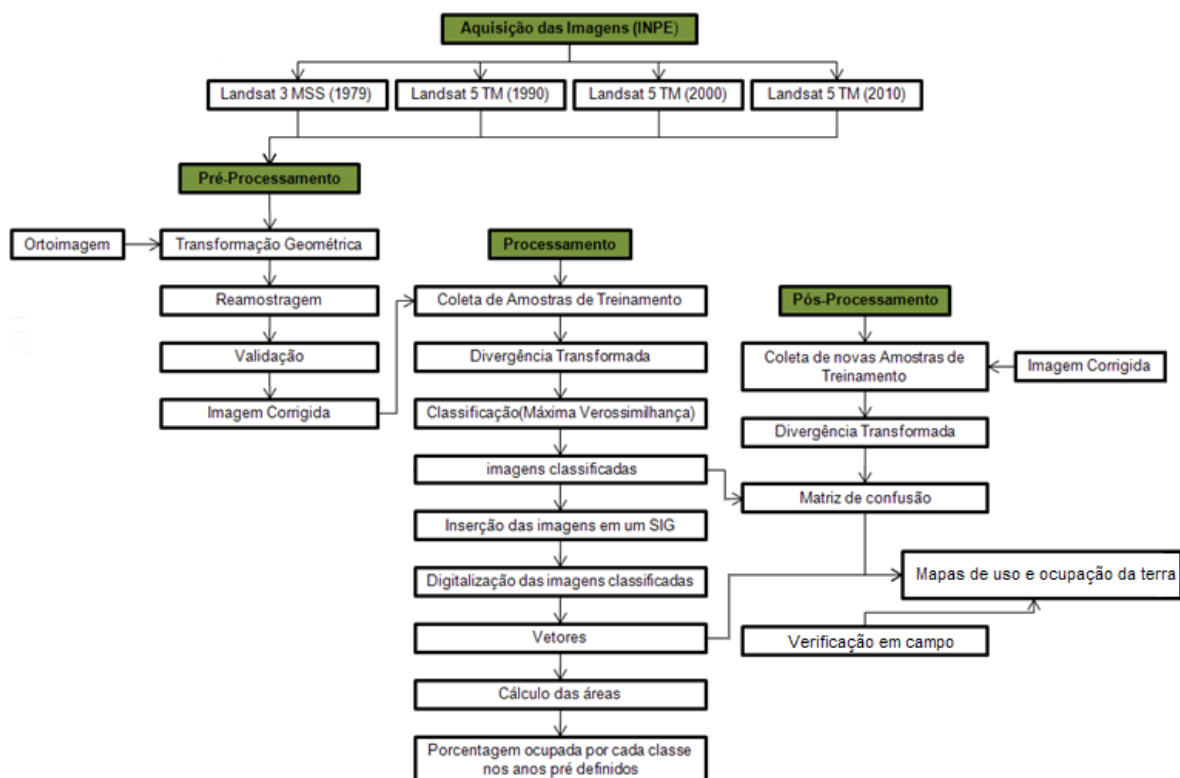


Figura 1- Etapas metodológicas

Este trabalho utilizou quatro imagens orbitais, referentes à área de estudo nas décadas do presente trabalho, estas imagens foram adquiridas gratuitamente no “site” do INPE, sendo elas, referentes à região dos campos gerais no Paraná. As datas das imagens foram escolhidas de acordo com sua qualidade (cobertura de nuvens, ruídos...), buscando a mesma época do ano para evitar equívocos na classificação do uso e ocupação da terra devido a mudanças sazonais. A

primeira imagem refere-se ao dia dez de dezembro de 1979 (órbita 237 ponto 77), a segunda a trinta de julho de 1990 (órbita 221 ponto 77), a terceira ao dia onze de setembro de 2000 e a última ao dia vinte e dois de agosto de 2010 (ambas também da órbita 221 ponto 77). A primeira imagem é oriunda do satélite landsat 3- sensor MSS, e as outras imagens são do satélite landsat 5- sensor TM. O sensor MSS foi utilizado, pois apenas este sensor disponibilizava imagens anteriores a década de oitenta da área de estudo.

Estas imagens foram recortadas no programa ENVI 4.7 para separar a área de interesse. Para a realização da transformação geométrica a ortoimagem de MI 2840-20, referente à cidade de Ponta Grossa foi utilizada como base. A mesma consiste em um produto de SR que recebeu todas as correções necessárias para adquirir as mesmas características de um mapa. Esta ortoimagem teve suas coordenadas e geometria corretas transportadas para as imagens landsat 3 MSS e 5 TM. Para isso, foram coletados 12 pontos de controle, notáveis nas quatro imagens e coincidentes com a base. Mediante estes pontos as rotações e translações necessárias para que as imagens ocupassem sua posição correta no espaço foram determinadas. Posteriormente a qualidade deste processo foi comprovada mediante validação

As imagens por si só, mesmo transformadas, não são suficiente para alcançar os objetivos propostos neste trabalho. Desta forma, técnicas de PDI (Processamento de Imagens Digitais) foram utilizadas para facilitar a identificação das feições pertencentes às classes pré-definidas. A técnica de PDI utilizada foi a classificação, que simplifica a interpretação dos dados presentes nas imagens, partindo do princípio que os *pixels* que cobrem o mesmo alvo têm características espectrais similares, utilizando assim, a reflectância dos alvos que é registrada nos *pixels* como níveis digitais, para categorizá-los em grupos ou classes mediante um algoritmo computacional. A classificação de imagens digitais divide-se em duas categorias: a não supervisionada, que utiliza parâmetros do próprio programa computacional para separar as classes, onde o operador define somente o número de classes a serem utilizadas; e a supervisionada, que necessita dos conhecimentos do operador, que seleciona amostras puras e representativas de cada classe, além do algoritmo computacional que será utilizado para classificar a imagem (CENTENO, 2004). A classificação efetuada neste trabalho foi a supervisionada, realizada com quatro classes: agricultura, campo, floresta e reflorestamento; a escolha destas classes baseou-se nos trabalhos realizados na área de estudo por Melo (2006) e IAP (2004 b).

As imagens já transformadas geometricamente foram classificadas mediante o algoritmo Máxima Verossimilhança (paramétrico, não-linear), sendo este o algoritmo mais usado no processo de identificação e delineamento das classes (LIU, 2007). Este algoritmo é indicado quando se possui um grande número de *pixels* em cada amostra de treinamento como nos lembra Liu (2007). Neste caso, foram utilizados 600 *pixels* para as amostras de treinamento de cada classe, o que justifica a escolha deste algoritmo.

O algoritmo Máxima Verossimilhança utiliza a média das respostas espectrais de cada classe das amostras de treinamento nas diferentes bandas. Com estes parâmetros é possível definir a classe mais provável para cada *pixel* dentre as classes existentes, utilizando o conceito de probabilidade condicional. Desta forma, cada *pixel* tem sua probabilidade de pertencer a cada classe testada, a classe de maior probabilidade recebe o *pixel* (CENTENO, 2004). Na classificação Máxima Verossimilhança os *pixels* são separados no espaço espectral por elipses geradas a partir da média das respostas espectrais das amostras de treinamento de cada classe.

Após a realização da classificação é necessário a avaliação dos resultados. Em geral, aplicam-se testes estatísticos para avaliação dos resultados e/ou comparam-se os resultados com pontos coletados em campo. Este trabalho utilizou a Matriz de Confusão, que foi efetuada no programa ENVI 4.7, comparando os resultados das classificações com novas amostras de treinamento diferentes das coletadas anteriormente para a classificação. Foram geradas quatro Matrizes de Confusão, uma para cada imagem, comparando-as com suas respectivas novas amostras de treinamento. Além disso, também realizou-se visitas a campo para validar os resultados adquiridos mediante classificação.

Realizado o processo de classificação das imagens e avaliado seus resultados, as quatro novas imagens geradas foram inseridas em um SIG, com o objetivo de digitalizar vetores para cada classe de uso e ocupação da terra. Para isso, o programa Arc GIS 9.3 foi utilizado. Todos os vetores foram digitalizados manualmente, bem como o preenchimento de seu banco de dados relacional. Com os vetores produzidos nesta etapa, foi possível quantificar cada classe presente na área de estudo nos anos pré- definidos, podendo analisar também, as mudanças ocorridas no uso e ocupação da terra ao longo do tempo. Estes vetores foram utilizados na geração de mapas temáticos.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 Evolução do uso e ocupação da terra no PEVV.

Os valores adquiridos mediante Divergência Transformada para as amostras de treinamento das classes utilizadas nas classificações são considerados satisfatórios segundo Richards (1993). Todavia, os valores da Divergência Transformada entre as classes floresta e reflorestamento foram os menores (acima de 1,5) em todas as

imagens do presente trabalho, necessitando assim, de verificação em campo. Efetuada a avaliação dos resultados das classificações mediante Matriz de Confusão, e constatada a qualidade satisfatória das mesmas, as quatro imagens classificadas foram inseridas em um SIG. Com a digitalização dos vetores de cada classe destas imagens, foi possível adquirir os valores da área ocupada por cada classe nos anos pré definidos, em Km².

Mediante estes valores, percebe-se que a classe campo teve a maior variação entre os anos de 1979 a 2010, ela diminuiu de 0,61 Km² entre 1979 a 1990; 0,56 Km² na década seguinte e 2,72 Km² entre os anos de 2000 e 2010, totalizando uma diminuição de 3,89 Km² (17,77% da área inicial). A classe floresta apresentou um aumento de 0,07 Km² entre os anos de 1979 e 1990; 0,12 Km² na década seguinte e 3,29 Km² na última década deste estudo, totalizando um aumento de 3,48 Km² (45,49% da área inicial). Já a classe reflorestamento apresentou um aumento entre os anos de 1979 e 1990 de 0,54 Km²; 0,44 Km² entre os anos de 1990 e 2000, e uma diminuição de 0,57 Km² entre os anos de 2000 e 2010.

Todas estas classes tiveram maior variação entre os anos de 2000 e 2010, período que coincide com a data da revitalização do PEVV, com a implantação de seu plano de manejo, maior ênfase dada pela mídia aos problemas ambientais globais. E provavelmente pela maior fiscalização das leis criadas na década de noventa, bem como a influência dos encontros ambientais realizados na década de 1990, sobretudo no ano de 1992, como apresentado nas subseções 2.2, 2.3 e 3.3. Este fato sugere a relação direta entre evolução da questão ambiental com o uso e ocupação da terra da área de estudo.

Como não foram encontrados registros bibliográficos que confirmassem a presença da classe agricultura no uso e ocupação da terra do PEVV neste período, os *pixels* classificados como agricultura dentro do PEVV foram considerados erros do processo de classificação.

3.2 Evolução do uso e ocupação da terra na zona de amortecimento do PEVV.

As áreas ocupadas pelas classes de uso e ocupação da terra da zona de amortecimento do PEVV nos anos pré-definidos, adquiridas mediante digitalização das imagens classificadas por Máxima Verossimilhança, são apresentadas e discutidas a seguir em quilômetros quadrados e em porcentagem.

Mediante estes valores percebe-se que, a área ocupada pela classe agricultura aumentou 19,94 Km² entre os anos de 1979 e 1990, continuando a aumentar entre os anos de 1990 e 2000, contudo, em menor proporção: 7,44 Km². Na década de 2000 esta classe foi reduzida a 53,63 Km². Com estes resultados pode-se supor que, este comportamento tem relação com a evolução da preocupação com o ambiente, provavelmente devido a maior fiscalização das leis ambientais. A diminuição desta classe na década de 2000, pode estar relacionada a criação de novas leis ambientais neste período.

A área ocupada pela classe floresta apresentou um crescimento de 3,94 Km² entre os anos de 1979 e 1990, 1,81 Km² entre os anos de 1990 e 2000, e um crescimento abrupto de 69,14 Km² entre os anos de 2000 e 2010, totalizando 79,89 Km² de crescimento (184,77% da área inicial). O comportamento desta classe deve-se provavelmente ao crescimento da questão ambiental neste período, com maior fiscalização da legislação ambiental, sobretudo das leis criadas na década de 90, como exemplo: a lei sobre os crimes ambientais criada em 1998; a lei do ICMS ecológico. Contudo, o crescimento abrupto desta classe entre os anos de 2000 e 2010 necessita de verificação em campo, pois é possível a confusão espectral entre as classes floresta e reflorestamento no processo de classificação. Visto que, os índices da Divergência Transformada destas classes são os menores valores em todas as décadas do presente trabalho.

A classe reflorestamento teve um crescimento de 0,06 Km² entre os anos de 1979 e 1990; 7,02 Km² na década seguinte e 0,39 Km² na última década deste estudo, totalizando um crescimento de 7,47 Km² (28,64% da área inicial). O crescimento desta classe foi pequeno, contudo, deveria ser menor devido aos prejuízos ambientais oriundos deste cultivo, principalmente nas proximidades de uma UC.

Já a classe campo teve uma diminuição de 23,94 Km² de sua área entre os anos de 1979 e 1990; 16,27 Km² na década seguinte e 15,90 Km² entre os anos de 2000 e 2010, totalizando uma diminuição de 56,11 Km² (31,71% da área inicial) desta classe no recorte temporal deste estudo. Analizando estes valores percebe-se que, a classe campo vem sofrendo contínua diminuição, entretanto, o ritmo desta degradação diminuiu com os anos, sobretudo, na década de 1990. Podemos assim, criar a hipótese de que este comportamento também está relacionado a criação das leis citadas anteriormente, bem como a criação da APA da Escarpa Devoniana, salientando a evolução da preocupação com o ambiente pela sociedade neste período.

Ressalta-se ainda que, a análise destes valores devem levar em consideração possíveis equívocos, como por exemplo: os erros oriundos do processo de classificação e da diferença de resolução espacial da imagem do ano de 1979 com as demais. Sendo assim, estes valores nos permitem ter uma aproximação do comportamento do uso e ocupação da terra da área de estudo neste período.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante análise dos resultados deste trabalho pode concluir-se que, o comportamento das classes de uso da terra do PEVV entre os anos de 1979 e 2010 sugere uma relação direta com a evolução da questão ambiental na sociedade em âmbito nacional e internacional. Visto que, na primeira década deste estudo a postura nacional era desenvolvimentista, sem qualquer preocupação com o meio ambiente. Esta postura foi refletida no uso e ocupação da terra da área de estudo, mediante o ritmo acelerado de degradação das classes campo e floresta, e do ritmo acelerado de crescimento da classe reflorestamento. Em 1975 a questão ambiental brasileira começa a dar os primeiros passos até se intensificar na década de 1990. Esta evolução também foi refletida diretamente no uso da terra da área de estudo, com o crescimento da classe floresta, a diminuição do ritmo de degradação da classe campo, e a diminuição do ritmo de crescimento da classe reflorestamento. Todas estas alterações ocorreram, sobretudo, após a década de noventa.

Conclui-se também, a importância da utilização das diferenças entre as reflectâncias de alvos sobre a superfície terrestre, pois permitem a classificação quantitativa do uso e ocupação da terra sem contato direto entre sensor e alvo. As geotecnologias foram adequadas para este estudo, permitindo uma análise temporal com acurácia satisfatória, justificada pela coerência dos resultados mediante análise visual e matriz de confusão, otimizando o trabalho. Ressalta-se que, a realização deste trabalho sem o auxílio destas tecnologias seria quase impossível, devido à grande extensão da área de estudo.

Os valores da Divergência Transformada entre as classes floresta e reflorestamento foram os menores em todas as imagens deste trabalho, sendo necessária a avaliação destes resultados em campo.

A visita a campo que é de grande importância, pois permite validar a coerência de todos os processos realizados neste trabalho, contudo, problemas burocráticos impediram esta visita. Um pedido de permissão para realização de visita técnica ao PEVV foi enviado ao IAP no dia dois de setembro de 2011. Contudo, não houve resposta até a data de defesa do presente trabalho. Este fato não compromete trabalho, visto que outras formas de avaliação de resultados foram utilizadas como coleta de novas amostras de treinamento, a partir do plano de manejo do PEVV, para validação mediante a Matriz de Confusão e o cálculo das Divergências Transformadas.

A questão ambiental de modo geral sem dúvida evoluiu nestas últimas décadas, sobretudo na legislação ambiental brasileira (LITTLE, 2003). Todavia, a situação atual não é tão animadora como pode parecer, sobretudo no PEVV e em sua zona de amortecimento, onde situações inadmissíveis em uma UC ocorrem. Como exemplo, podemos citar: a invasão de gado no parque, incêndios, espécies exóticas invasoras, processos erosivos oriundos da ação antrópica, reflorestamentos na zona de amortecimento posicionados em áreas inadequadas permitindo o transportes de sementes pelo vento para dentro dos limites do parque. O PEVV possui indiscutivelmente grande importância ecológica. Contudo, na longa história deste Parque Estadual pouco se fez para incentivar o uso deste patrimônio em atividades de educação ambiental e turismo científico organizado, como afirma Melo (2006). Visto estas afirmações, conclui-se que, ainda há um longo caminho a ser percorrido para alcançarmos a situação ideal da questão ambiental na área de estudo.

REFERÊNCIAS

- CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento Remoto e Processamentos de Imagens digitais**. Curitiba: Ed. Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, 2004. 219 p.
- INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP. 2004. **Plano de Manejo do Parque Estadual de Vila Velha**. Curitiba: IAP.
- INPE. **Catálogo de Imagens CBERS**. Disponível em: < <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/> > Acessado em: 13 abr. 2011.
- LITTLE, P. E. **Políticas ambientais no Brasil**. Análise, instrumentos e experiências. São Paulo-SP: Peirópolis, 2003. 463p.
- LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande- MS: Uniderp, 2007. 908 p.
- MELO, M. S de. **Formas Rochosas do Parque Estadual de Vila Velha**. Ponta Grossa- PR: UEPG, 2006. 154 p.
- RICHARDS, J. A. **Remote sensing digital image analysis - an introduction**. 2nd ed. Springer-Verlag, Berlin, 1993. 281p.