



La Geoinformación  
al Servicio de la Sociedad

# Memorias



Sociedad Latinoamericana en  
Percepción Remota y Sistemas  
de Información Espacial  
Capítulo Colombia

**30**  
AÑOS

Medellín, Colombia  
29 de Septiembre al 3 de Octubre de 2014



**Uso de Sensoriamento Remoto em acompanhamento de projetos de recuperação ambiental no Pontal do Paranapanema-SP, Brasil.**  
**Remote Sensing use in monitoring environmental recovery projects in the Pontal of Paranapanema-SP, Brazil.**

Antonio Carlos Ferreira Junior  
Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Agrícola  
Av. Candido Rondon, 501, Barão Geraldo, Campinas, SP  
antonio.ferreira@feagri.unicamp.br  
Doutorando em Engenharia Agrícola

Maristela Simões do Carmo  
Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Agrícola  
Av. Candido Rondon, 501, Barão Geraldo, Campinas, SP  
Stella@feagri.unicamp.br  
Professora Colaboradora

Joan Jorge Sanchez  
Universidade Politécnic da Catalunya  
Av. Bases de Manresa, 61-73, 8242, Manresa, Catalunya - ES  
joan.jorge@upc.edu  
Professor Titular Depto. de Física Aplicada

**Resumo**

Objetivamos construir máscaras de vegetação e não-vegetação sobre a evolução da cobertura vegetal no território Pontal do Paranapanema entre 2003 e 2013, com a utilização de imagens geradas pelo Thematic Mapper (TM) do Landsat 5 e pelo Operacional Terra Imager (OLI) do Landsat 8 e analisar temporalmente, por meio de cálculos de métricas de paisagem, a efetividade dos programas que visam a recuperação ambiental do referido território. Podemos concluir, previamente, que entre 2003 e 2013, houve aumento na área com vegetação em 0,22% e diminuição da área de vegetação de 1,47%no território do Pontal do Paranapanema. Para a próxima etapa aplicaremos as seguintes métricas: Número de Fragmentos (NUMP); Tamanho Médio dos Fragmentos (MPS); Distância Média do

Vizinho mais Próximo (MNN); Coeficiente de Variação do Tamanho Médio dos Fragmentos (PSCoV).

**Palavras-chaves:** Desenvolvimento Territorial, métricas de paisagem, Pontal do Paranapanema, Recuperação ambiental.

### **Abstract**

We aim to Build vegetation and non-vegetation masks about the Pontal of Paranapanema vegetation cover evolution between 2003 and 2013 with Images that make up generated by the Thematic Mapper (TM) Landsat 5 and the Operational Land Imager (OLI) Landsat 8 and to analyze temporally, through calculations landscape metrics, the programs effectiveness in relation to environmental recovery of the said territory. We previously concluded that, between 2003 and 2013, there was 0.22% area with vegetation increase and 1,47% without vegetation area decreased in the Pontal of Paranapanema territory. For the next step we apply the following metrics: Number of Patches (NP); Patches Average Size (MPS); Middle Distance and Nearest Neighbor (MNN); Patch Size Coefficient of Variation (PSCoV).

**Keywords:** territorial development landscape metrics, Pontal of Paranapanema, Environmental Recovery.

## **1. Introdução**

O uso de imagens de Sensoriamento Remoto como fonte de informação para a produção de mapas, conforme ressaltou Fonseca (2000), é um dos grandes impulsionadores de inovações no ramo do Geoprocessamento. O grande interesse de seu uso advém da temporalidade da informação juntamente com seu relativo baixo custo, quando se busca informações de uso e cobertura do solo.

O Sensoriamento Remoto, segundo Passos (2008), inova ao valorizar a escala têmporo-espacial da percepção (vantagem da repetitividade automática que permite a confrontação de situações diferentes e sincrônicas sobre grandes extensões) e a natureza dessa percepção por meio da identificação dos objetos/elementos paisagísticos e territoriais, a identificação empírica e, por fim, sua relação com a dinâmica da natureza.

Para Silva e Vieira (2007), a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto em estudo de cobertura vegetal é de grande relevância, pois é possível através destas, adquirir informações sobre diferentes tipos de vegetação, condições de estresse, carência de nutrientes, fazer o monitoramento ambiental e inúmeros estudos de acordo com a área de interesse, extraindo estas informações através de técnicas de análise visual e processamento digital de imagens. Vale lembrar que a cobertura vegetal é responsável pela proteção contra a erosão hídrica do solo, solar e eólica, até mesmo em áreas que contenham declives significantes (SOUSA *et al.*, 2007)

A utilização de métricas de paisagem como indicador de variabilidade de uma determinada área tem sido abordada em diversos estudos. As métricas de paisagem são

medidas quantitativas que visam descrever, a partir de ferramentas do sensoriamento remoto, os padrões espaciais que estruturam e caracterizam a dinâmica da paisagem.

Segundo Carrão *et al* (2001), as métricas de paisagem são medidas quantitativas que visam descrever, a partir de ferramentas do sensoriamento remoto, os padrões espaciais que estruturam e caracterizam a dinâmica da paisagem.

Calegari *et al*, (2010) destacam a importância e a precisão do uso das ferramentas de sensoriamento remoto nos estudos relativos a Ecologia da Paisagem, pois os mesmos são capazes de detectar precisamente a situação ambiental dos fragmentos florestais.

Disperati *et al*. (2003) estudaram as áreas de cobertura florestal no município de Irati-Paraná, utilizando imagens de satélite LANDSAT entre os anos de 1986 e 1999, técnicas de processamento de imagens e classificação supervisionada. Ao compararem os resultados obtidos através de classificações das imagens, observaram que houve aumento da cobertura florestal em três regiões do município.

Galo & Novo (1998) constataram, ao explorar os índices de paisagem no Parque Estadual Morro do Diabo-SP, que o conteúdo de uma imagem pode fornecer alguns indicadores da composição dos elementos da paisagem, principalmente sua variabilidade, refletida nos índices de diversidade da paisagem e fragmentação.

A história da ocupação da região do Pontal do Paranapanema resta envolta a um processo conflituoso de ocupação de terras de domínio público, grandes fraudes na titularidade dominial (grilagem), práticas violentas, desmatamentos, adoção de práticas

agrícolas sem a preocupação com a conservação dos recursos naturais e desobediência à legislação ambiental, além do processo acelerado de urbanização.

Processos, estes, que alteraram não apenas a estrutura da paisagem, sua dimensão e a forma das manchas, mas também a distância entre as mesmas, catalisando assim o processo de fragmentação florestal.

Partiremos do pressuposto teórico, defendido pela Ecologia de Paisagem, de que toda Paisagem tem uma marca registrada, isto é, uma *estrutura padrão de manchas*, gerada pelos diferentes processos que atuam em diferentes escalas, no tempo e no espaço, conforme destacado anteriormente. É a caracterização da mesma, na forma de mapas e índices medidos e calculados por métricas de paisagem, que permitirá um melhor entendimento sobre a mesma.

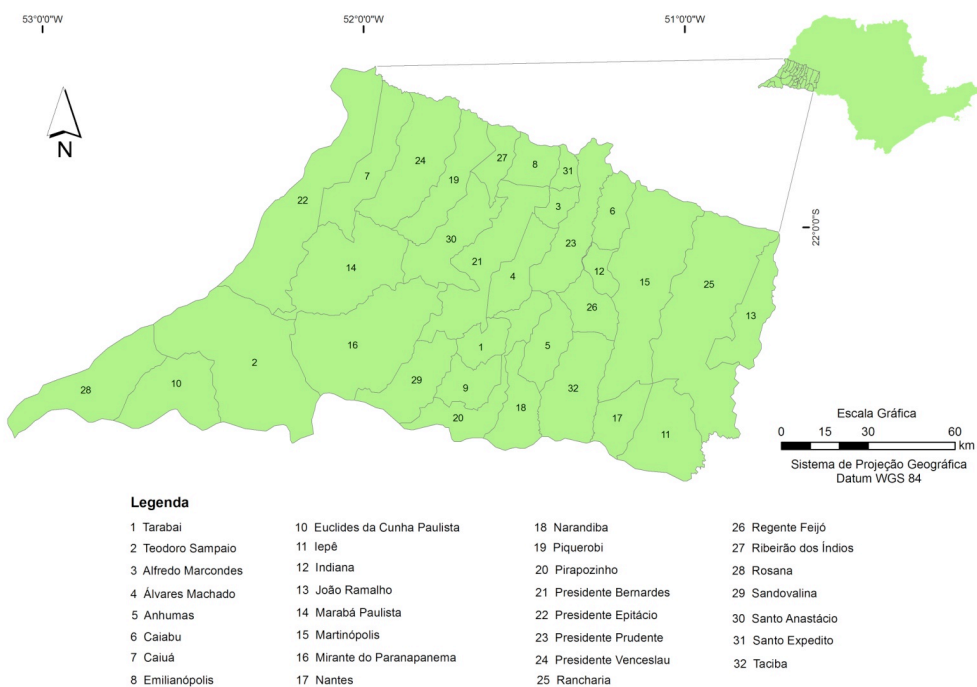
Trataremos especificamente dos Programas Territórios Rurais e Territórios da Cidadania, criados em 2004 e 2008 respectivamente, que adotam a abordagem territorial e a sustentabilidade como paradigmas; Objetivamos, assim, analisar temporalmente, por meio de cálculos de métricas de paisagem, a efetividade desses programas no que se refere a recuperação ambiental do referido território; Construir máscaras de vegetação e não-vegetação sobre a evolução da cobertura vegetal no Pontal do Paranapanema entre 2003 e 2013; Integrar e calcular as métricas escolhidas para obtermos uma quantificação adequada da paisagem.

## 2. Desenvolvimento do tema

### Metodologia

#### - Área de Estudo

Localizado no extremo oeste do Estado de São Paulo, na fronteira com os Estados de Mato Grosso do Sul e Paraná, conforme ilustra a figura 1, o Pontal do Paranapanema é formado por 32 municípios e tem como extensão territorial 18.441,60 Km<sup>2</sup> aproximadamente.



**Figura 1** - Localização do Território do Pontal do Paranapanema no Estado de São Paulo, Brasil.

O Tipo de solo encontrado é o Latossolo, com altas concentrações de areia, pouca acidez, baixa fertilidade, drenagem excessiva, que são normalmente frágeis. Seu relevo se caracteriza por colinas com pouco declive. Já o clima é marcado por duas estações bem definidas - invernos secos e verão calorosos, ou Cwa-mesotermal, de acordo com a classificação de Koppen (1948).

No que se refere a sua formação florestal, antes constituída por 247 mil hectares de mata semidecídua, conta, atualmente, com apenas cerca de 46 mil hectares, sendo 12.000 distribuídos em fragmentos florestais e 34.000 na área correspondente a Reserva Estadual Morro do Diabo classificada como Mata Atlântica do Interior.

Apesar da pouca diversidade industrial (concentrada, sobretudo, na cidade de Presidente Prudente), o setor agroindustrial é constituído por frigoríficos, curtumes, usinas sucroalcooleiras de grande porte, porém, não totalmente integrado ao longo da cadeia produtiva (a montante e a jusante), o que limita a geração de emprego e renda.

Segundo dados da Secretaria da Fazenda do Estado de São Paulo (2010) a região do Pontal do Paranapanema contribuiu com menos de 1% para o Valor Adicionado Fiscal (VAF) da economia paulista.

Foi reconhecido como Território Rural pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) em 2004, na primeira fase do programa, e a primeira versão de seu PDTRS foi elaborado em 2007. Em 2009 foi inserido no Programa Territórios da Cidadania, também do MDA.

Para atingirmos os objetivos propostos foram realizadas as etapas que seguem:



Obtenção e organização dos dados realizada a partir da seleção e aquisição das cenas 222/75, 223/75, 222/75, 222/76 do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite LANDSAT - 5 (tomadas nos dias 23 e 30 de junho de 2003, disponíveis na biblioteca de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE) e do Operacional Terra Imager (OLI) do LANDSAT- 8 (tomadas nos dias 21 e 28 de agosto de 2013, disponibilizadas pelo Earth Explorer). Priorizamos as imagens sem nuvens e referentes ao período de estiagem, durante o inverno.

Os sensor TM do satélite LANDSAT-5 possui sete bandas, com numeração de 1 a 7, sendo que cada banda representa uma faixa do espectro eletromagnético captada pelo satélite. A resolução geométrica das imagens nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 é de 30 m (isto é, cada "pixel" da imagem representa uma área no terreno de 0,09 ha). Para a banda 6, a resolução é de 120 m (cada "pixel" representa 1,4 ha) O LANDSAT-5 revisita a mesma área a cada 16 dias.

A plataforma LANDSAT-8, que começou a operar em 2013, com os imageadores Operacional Terra Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS), possui oito faixas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros, duas bandas termais reamostradas para 30 metros e uma faixa pancromática com tamanho de pixel de 15 metros, além de uma banda de qualidade. Como o LANDSAT - 5, ele também revisita a mesma área a cada 16 dias. (USGS, 2014)

No que tange as atividades de pré-processamento, as imagens do LANDSAT- 5 foram registradas com base no mosaico Geocover através da coleta de pontos de controle

correspondentes entre elas. Enquanto as imagens do satélite LANDSAT-8, disponíveis já georreferenciadas, foram apenas reprojatadas para correção da orientação de sua projeção, de WGS1984 UTM Zone 22 N para a WGS1984 UTM Zone 22 S. Para otimizar a interpretação das cenas optamos pela composição de falsa cor 5R4G3B para o LANDSAT-5 e 6R5G4B para as imagens do LANDSAT-8 e, por fim, elaboramos o mosaico para obtenção de um panorama geral da junção das cenas selecionadas e o recorte com a máscara vetorial correspondente ao Pontal do Paranapanema.

Para a etapa de classificação digital, optamos pelo tipo supervisionada, realizada de acordo com o método “pixel a pixel” com a técnica de Máxima Verossimilitude (MAXVER). Esta técnica de classificação, a princípio, consiste em considerar que a classificação errada de um pixel em particular não tem nenhum significado a mais que a classificação incorreta de qualquer pixel na imagem de outros, ou seja, estima o vetor médio da matriz de variância e covariância de cada classe, assumindo-se que a frequência de cada classe possui uma distribuição normal (MATHER, 1999).

Nesse método, a fase de treinamento foi essencial para fornecer um conjunto de pixels representativos de cada alvo na superfície. A matriz de confusão foi gerada a partir do cruzamento de pontos amostrais interpretados na imagem, com mapa temático gerado com a aplicação da metodologia de classificação testada.

Ao todo, foram gerados, aleatória e independentemente, 100 pontos. Foram criadas duas classes, vegetação e não-vegetação. Para a classe vegetação foram coletadas amostras de alvos como: mata nativa (formações florestais densas), arbustivas e gramíneas. E classe

não-vegetação, a partir de amostras de afloramentos rochosos, construções urbanas; asfalto, e água doce.

A classificação da área com cobertura vegetal e área sem cobertura vegetal, do ano de 2003, obteve um mapa temático cujos índices de Exatidão Global (EG) e Kappa (k) foram 97% e 0,94 respectivamente. Já o do ano de 2013 gerou um mapa temático, também com duas classes (área com cobertura vegetal e área sem cobertura vegetal) com um índice de Exatidão Global de 96% e o coeficiente Kappa no valor de 0,93. Os valores de coeficiente Kappa encontrado, nos dois períodos são considerados excelentes e representam realmente a conformidade da classificação com o mapa de referência.

A última etapa consistiu no cálculo das áreas das classes temáticas para obtenção das estatísticas permanentes do quantitativo de área com vegetação e área sem vegetação para os anos de 2003 e 2013, assim como a variação entre ambos.

Para realização dessas etapas utilizamos os software ENVI 4.5 próprio para visualização, exploração, análise e apresentação de dados na área de Sensoriamento Remoto/SIG e a plataforma ArcGIS 9.3, pacote de softwares da ESRI (Environmental Systems Research Institute) de elaboração e manipulação de informações vetoriais e matriciais para o uso e gerenciamento de bases temáticas.

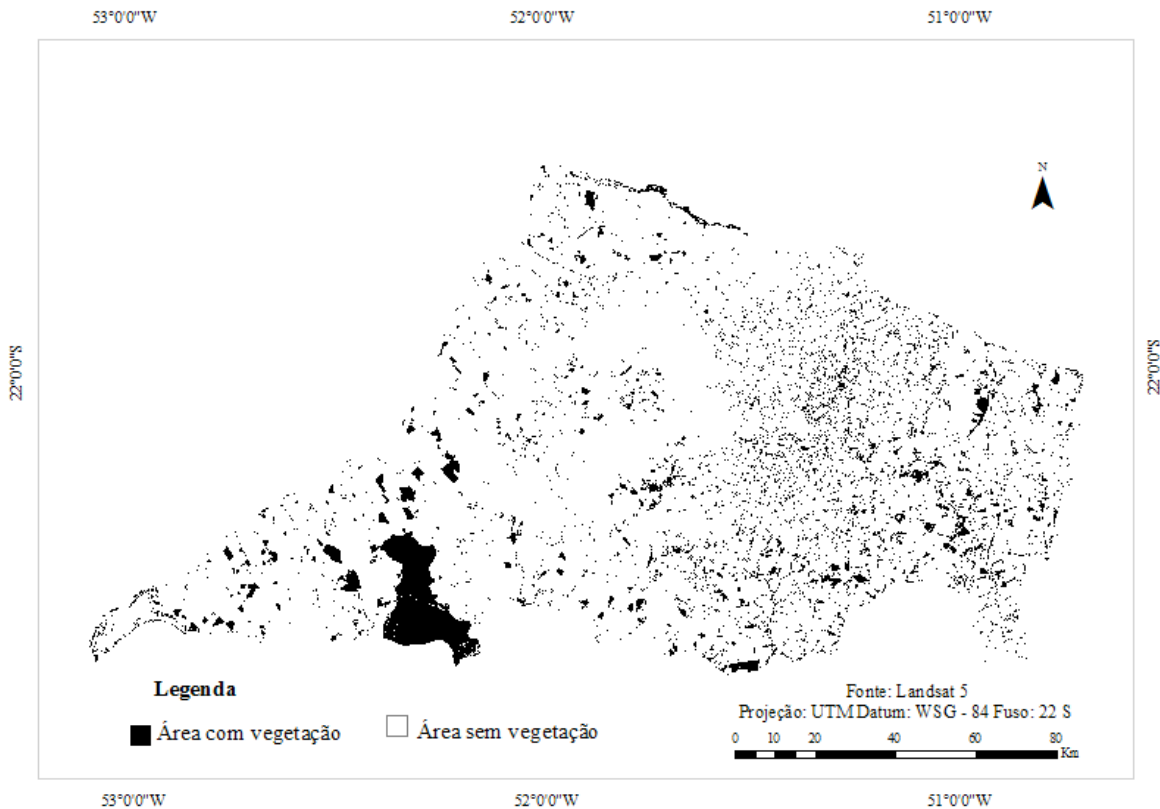
## Resultados e Discussão

Os resultados apontam que em 2003 a área com vegetação no Pontal do Paranapanema representava 8,66% de sua extensão territorial total. No ano de 2013 esse valor foi de 9,31%, conforme ilustra a tabela 1.

**Tabela 1 - Representatividade da classe vegetação em relação a extensão territorial do Pontal do Paranapanema**

<i>Classe</i>	<i>2003</i>		<i>2013</i>	
<b>Vegetação</b>	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
	15.975,333	8,66	17.712,297	9,31

Ao término do processo de classificação foi possível interpretarmos visualmente, de uma maneira muito satisfatória, a definição das áreas verdes (mesmo em regiões onde a vegetação aparece de maneira bem discreta), conforme ilustram a figura 2 e a figura 3, correspondentes aos anos de 203 e 2013 respectivamente.

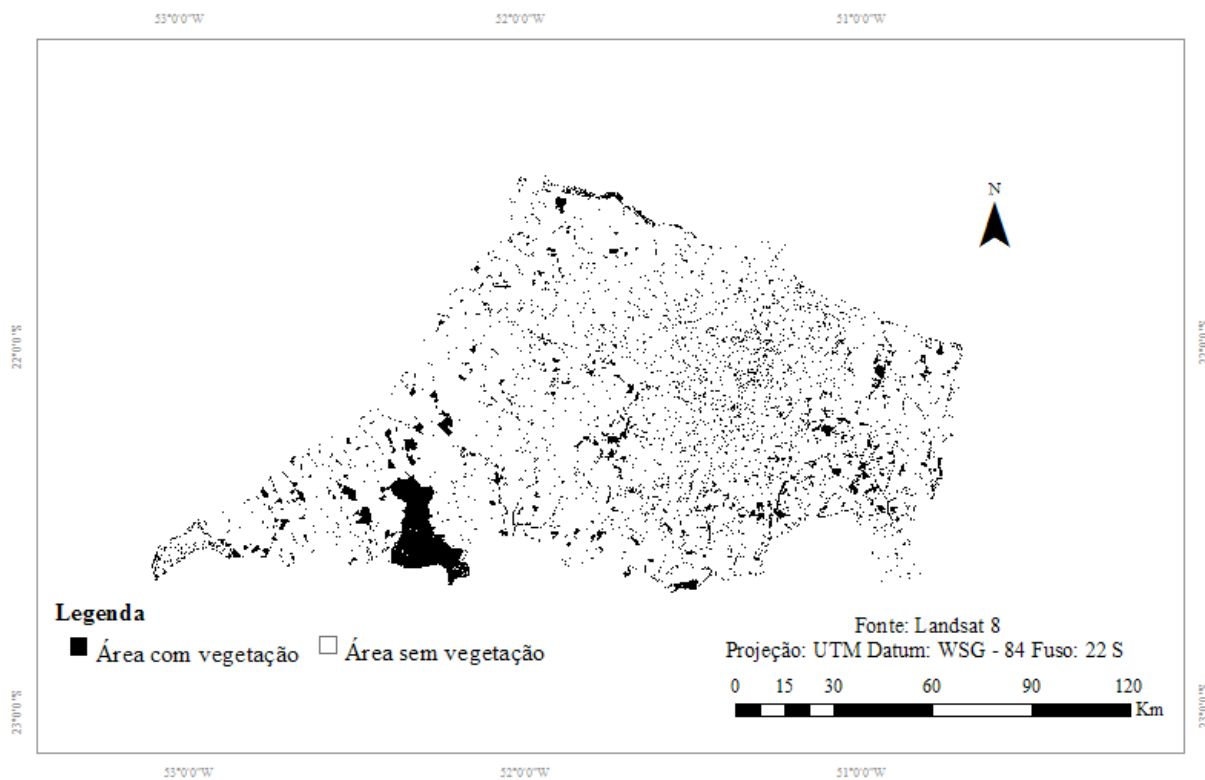


**Figura 2 - Área com vegetação no Território Pontal do Paranapanema-SP, Brasil, junho de 2003.**

No Território Pontal do Paranapanema atuam, desde meados da década de 1990, Organizações não-governamentais (ONGs) que visam promover a compatibilização entre recuperação ambiental e desenvolvimento sócio-econômico dos produtores rurais.

Entre os principais, podemos citar o Programa Agroflorestal no Pontal do Paranapanema", desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ), a Apoena, que desde 1988, atua em projetos de implantação de sistemas Agroflorestais em assentamentos rurais (em parceria com o Incra e o Itesp, com o Ministério do Meio Ambiente, Universidades, companhias energéticas locais, institutos de pesquisa) e a Fundação

Instituto de Terras do Estado de São Paulo (ITESP), por meio do Grupo de Gestão Ambiental, atuando nas frentes\_Educação ambiental Recuperação ambiental Licenciamento Ambiental.



**Figura 3 - Área com vegetação no Pontal do Paranapanema- SP, Brasil, agosto de 2013.**

A despeito de todo esse esforço por parte do poder público e das ONGs em recuperar ambientalmente o Pontal do Paranapanema, constatamos que a variação temporal da área com vegetação, em um intervalo de 10 anos (2003-2013), apresentou um discreto aumento, com variação percentual de 8,66 para 9,31.

### **3. Conclusões**

Podemos concluir previamente que, entre 2003 e 2013, houve um aumento pouco significativo da área com vegetação no território Pontal do Paranapanema. Resultados que indicam que a questão ambiental tem pouca representatividade nas políticas territoriais implementadas desde 2003 (Programa Territórios Rurais e, posteriormente, Programa Territórios da Cidadania).

Para a próxima etapa aplicaremos as seguintes métricas: Número de Fragmentos (NUMP); Tamanho Médio dos Fragmentos (MPS); Distância Média do Vizinho mais Próximo (MNN); Coeficiente de Variação do Tamanho Médio dos Fragmentos (PSCoV), escolhidas em função do objetivo do estudo, qual seja, uma quantificação adequada da paisagem.

Este procedimento será repetido nas imagens em diferentes anos, conforme o objetivo da pesquisa, para que possamos realizar o cruzamento dos dados e informações e assim avaliarmos a efetividade dos programas de recuperação ambiental em curso no território.

#### 4. Referencias bibliográficas

CALEGARI, L., *et al.* Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.871-880, 2010

CARRAO, H.; *et al.* LANDIC: cálculo de indicadores de paisagem em ambiente SIG. In: Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica - ESIG 2001, 6., Oeiras, Portugal, 28-30 nov., 2001. Anais. Lisboa: Associação dos Utilizadores de Sistemas de Informação Geográfica. USIG, 2001. Disponível em: <http://esig2001.tripod.com> (Acesso em: 12 out. 2013)

DISPERATI, A. A. et al. Análise temporal da cobertura florestal do município de Irati-PR, utilizando imagens satelitárias LANDSAT. Revista *Ciências Exatas e Naturais*, v. 5, n. 1, p. 115-123, jan/jun. 2003.

ESRI. (2009). ArcGIS (Versión 9.3) [Software de procesamiento digital de imagens satélitais]. Los Ángeles, Estados Unidos: Environmental Systems Research Institute, Inc.

GALO., M.L. B. T., NOVO, E. M. L. M. Índices de paisagem aplicados à análise do Parque Estadual Morro do Diabo e entorno. Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE, p. 111-122.

KÖEPPEN, W. *Climatologia: con um estúdio de los climas de la Tierra*. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p



MATHER, P. M. Computer processing of remotely sensed images: an introduction. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1999. 292 p

PASSOS. M.M. dos. A paisagem do Pontal do Paranapanema - uma apreensão geofotográfica. Acta Scientiarum Human and Social Sciences Maringá, v. 26, no. 1, p. 177-189, 2004

SILVA, W. S; VIEIRA, Valdira C. B. Evolução multitemporal do uso e cobertura do solo no município de Uruçuí-PI. In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 2007, João Pessoa: CEFET- PB, 2007. v. 1

SOUSA, R. F. et al. Avaliação das Classes de Cobertura Vegetal e Mapeamento do Uso Atual dos Solos no Município de Itaporanga-PB. Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal, v. 4, n. 1, p. 80-88, jan/jun. 2007.

TOEBE, D. Análise comparativa da cobertura florestal utilizando técnicas de sensoriamento remoto na Bacia Sanga Sabiá nos anos de 1985 e 2008. SPRING Publicações, 2009.