

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

FELIPE ROSSINE MANCIO

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO DO
MUNICÍPIO DE PARIQUERA-AÇU-SP**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2016

FELIPE ROSSINE MANCIO

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO DO
MUNICÍPIO DE PARIQUERA-AÇU-SP**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheiro
Ambiental, da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Leopold
Magalhães

MEDIANEIRA

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Medianeira
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO DO MUNICÍPIO
DE PARIQUERA-AÇU - SP**

por

FELIPE ROSSINE MANCIO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 15h do dia 24 de junho de 2016, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Vanderlei Leopold Magalhães
Orientador

Profa. Dra. Larissa De Bortolli Chiamolera Sabbi
Membro Titular

Prof. Dr. Rafael Arioli
Membro Titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Vanderlei Leopold Magalhães, pela amizade, paciência e orientação fornecida durante a elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos Danilo Fernandes Soares e Rhaeder Limão Gomes pela colaboração, incentivo e apoio durante todo esse processo.

A minha amiga Ana Kaori Hachiguti, por ter estado sempre presente nessa trajetória, sempre me apoiando.

Ao meu colega Fábio Fronza por compartilhar seus conhecimentos sobre o tema, sempre esclarecendo minhas dúvidas com total compreensão.

Aos meus professores ao longo da graduação, que contribuíram para a minha formação pessoal e profissional.

A minha família pela confiança em mim e por estarem presentes em todos os momentos que precisei.

A minhas tias Elenice de Cássia Mancio e Eugenia Maria Mancio, que com certeza, foram fundamentais no decorrer desses anos. Ao meu tio Gilberto Cugler pelo auxílio nas discussões das análises em sensoriamento remoto e suas interpretações técnicas.

A todas as pessoas que de alguma maneira me ajudaram nessa caminhada.

A Deus, por tudo

RESUMO

MANCIO, Felipe Rossine. **Análise multitemporal do uso e cobertura do solo do município de Parquera-Açu - SP**. 2016. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O sensoriamento remoto se mostra cada vez mais importante no fornecimento de informações para a sociedade, principalmente quando o assunto é meio ambiente. Essas informações contribuem para o monitoramento e controle dos recursos naturais, auxiliando na busca por medidas que diminuam os impactos causados pelo homem. Nesse contexto, o presente trabalho tem como principal objetivo realizar a análise multitemporal do uso e cobertura do solo do município de Parquera-Açu, localizado no litoral sul de São Paulo, entre os anos de 1986, 2000 e 2015, com o uso do método de classificação supervisionada de Máxima verossimilhança (MAXVER). Para validação dos dados foi realizado o índice de concordância Kappa, verificando a acurácia para cada imagem classificada. A partir da análise dos resultados, foi possível quantificar e observar as variações ocorridas nas classes de vegetação arbórea, corpos d'água, solo exposto, vegetação rasteira, agricultura e área urbana do município. Por fim, a utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica mostraram-se eficazes quanto a realização de análise multitemporal do uso e cobertura do solo no município de Parquera-Açu.

Palavras-chave: MAXVER; Sistema de informação geográfica; Sensoriamento remoto; Análise multitemporal; Kappa

ABSTRACT

MANCIO, Felipe Rossine. **Multi-temporal analysis of the use and land cover of Pariquera-açu – SP**. 2016. Monograph (Bachelor of Environmental Engineering) - Federal Technological University of Paraná.

Remote sensing is shown increasingly important in providing information to the society, mainly when it comes to the environment. This information contributes to the monitoring and control of natural resources, assisting in the search for measures to reduce the impacts caused by man. In this context, the present work has as its main purpose provide a multi-temporal analysis of the use of the soil and land cover in the city of Pariquera -Açu, located on the south coast of São Paulo, between the years 1986, 2000 and 2015, using the method supervised classification likelihood Maximum (MAXVER). For validation of the data was performed Kappa concordance rate by checking the accuracy for each classified image. From the analysis of the results, it was possible to quantify and observe the variations in the arboreal vegetation classes, water bodies, exposed soil, undergrowth, agriculture and urban area of the municipality. Finally, the use of Remote Sensing and Geographic Information System proved effective as the realization of multi-temporal analysis of land use and land cover in the municipality of Pariquera-Açu.

Key words: MAXVER; Geographic information system, Remote sensing; Multitemporal analysis; Kappa

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação de dados vetoriais e matriciais.....	16
Figura 2 - Espectro eletromagnético	19
Figura 3 - Exemplo de imagens com diferentes resoluções radiométricas	22
Figura 4 - Localização do município de Parquera-Açu	29
Figura 5 - Fluxograma representando as etapas realizadas no processo de classificação	31
Figura 6 - Combinações equivalentes entre satélites.....	33
Figura 7 - Mapa de cobertura do solo do ano de 1986 no município de Parquera-Açu – SP	39
Figura 8 - Mapa de cobertura do solo do ano de 2000 no município de Parquera-Açu – SP	40
Figura 9 - Mapa de cobertura do solo do ano de 2015 no município de Parquera-Açu – SP	41
Figura 10 - Evolução da classe Vegetação arbórea.....	42
Figura 11 - Taxa de desflorestamento anual da Mata Atlântica	43
Figura 12 - Evolução da classe Solo exposto.....	43
Figura 13 - Evolução da classe Agricultura	44
Figura 14 - Evolução da classe Vegetação rasteira	45
Figura 15 - Evolução da classe Área urbana.....	46
Figura 16 - Evolução da classe Corpos d'água	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos Sensores TM (Landsat 5) e ETM+ (Landsat 7).....	20
Tabela 2 - Características do Sensor OLI (Landsat 8)	20
Tabela 3 - Classificação do mapa temático com base no índice Kappa	27
Tabela 4 - Imagens utilizadas na pesquisa	32
Tabela 5 - Áreas das classes de cobertura do solo dos anos de 1986, 2000 e 2015 do município de Pariqueira-Açu	37
Tabela 6 - Matriz de confusão da classificação do ano de 1986.....	47
Tabela 7 - Matriz de confusão da classificação do ano de 2000.....	47
Tabela 8 - Matriz de confusão da classificação do ano de 2015.....	47
Tabela 9 - Desempenho do classificador MAXVER no índice Kappa	49

LISTA DE ACRÔNIMOS E SIGLAS

ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MAXVER	Máxima verossimilhança
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OLI	Operacional Terra Imager
SCP	Semi-automatic Classification Plugin
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SR	Sensoriamento Remoto
TM	Thematic Mapper

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	14
3.2 SENSORIAMENTO REMOTO (SR).....	17
3.3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS	24
3.3.1 Classificação de imagens digitais.....	25
4 METODOLOGIA	28
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	28
4.2 ETAPAS DO PROCESSO DE CLASSIFICAÇÃO	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

O estudo do uso e cobertura do solo, através de informações de Sensoriamento Remoto (SR), consiste em uma técnica de ampla utilização no planejamento e gerenciamento da ocupação do meio físico, além de ser possível fazer a avaliação e monitoramento quanto a preservação de áreas de vegetação natural. Por meio da análise de imagens de satélite, é possível obter com agilidade um mapa temático atualizado e com boa precisão das diferentes estruturas espaciais decorrentes do processo de uso e ocupação do solo.

Segundo Mazzocato (1998), o uso e ocupação da terra sem um planejamento adequado origina no declínio da produtividade das culturas e na agressão ao meio ambiente. Rosa (1990) diz que este mapeamento é de grande importância para ter-se uma boa compreensão dos padrões de organização do espaço. Por conta disso, o mapeamento da cobertura do solo permite avaliar, planejar e controlar espacialmente o uso sustentável e ocupação ordenada do meio ambiente.

Apesar de serem processos naturais, a erosão do solo e as inundações são intensificadas pela ação do homem, através de desmatamentos, impermeabilização do solo, resíduos despejados nos rios, entre outros. Com o uso de imagens de satélites, pode-se identificar calcular e monitorar os processos supracitados. A maioria dos impactos que ocorrem em um ambiente aquático é resultado do uso da terra no seu entorno. Então, é possível fazer a identificação, mapeamento e monitoramento do local por meio de imagens de sensores remotos, facilitando assim a detecção de fontes de poluição destas áreas (FLORENZANO, 2011).

Em estudos de degradação ambiental, a aplicação do SR se mostra um instrumento extremamente proveitoso, pois propicia uma maior dinâmica no processo de criação de informações, produtividade e flexibilidade no manuseio dos dados, conforme observado em trabalhos elaborados por Barbosa et al. (2007).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) possuem um papel fundamental para tomada de decisões quanto as possíveis medidas de mitigação e conservação do meio ambiente, pois além de otimizarem tempo, apresentam respostas rápidas com relação a caracterização do uso do solo e aos impactos ambientais. Eles têm auxiliado tanto em análise espacial de uma determinada

região, quanto numa análise multitemporal, tendo assim o conhecimento de alterações ocorridas no decorrer dos anos, permitindo um melhor planejamento do uso e cobertura do solo da área, orientando para que esse local tenha um desenvolvimento controlado e ordenado. A integração do SIG com o SR possibilita o armazenamento e a gestão eficiente desses dados, sendo então uma ferramenta poderosa para auxiliar nos estudos dessa natureza, na medida em que tal interface oferece uma importante fonte de informações.

A borda leste do Brasil, historicamente tem passado por inúmeros processos de desmatamento, urbanização, queimadas, ocupação de áreas de riscos, dentre outros.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal fazer uma análise multitemporal do uso e cobertura do solo no município de Pariquera-Açu - SP, fazendo o uso de imagens dos sensores Thematic Mapper (TM) do Landsat 5, Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) do Landsat 7 e o Operational Land Imager (OLI) do Landsat 8. Os demais objetivos são de analisar o desempenho do classificador de Máxima verossimilhança (MAXVER) no mapeamento de uso e cobertura do solo, estimar e quantificar a vegetação arbórea, área agrícola, vegetação rasteira, corpos d'água, solo exposto e área urbana de Pariquera-Açu-SP ao longo dos últimos 29 anos e também verificar a acurácia da classificação supervisionada de MAXVER das imagens de satélite através do coeficiente Kappa.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma análise multitemporal do uso e cobertura do solo do município de Pariquera-Açu - SP, utilizando imagens dos sensores TM do Landsat-5, ETM+ do Landsat-7 e o OLI do Landsat-8.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o desempenho do classificador de MAXVER no mapeamento de uso e cobertura do solo para os anos de 1986, 2000 e 2015.
- Estimar e quantificar a vegetação arbórea, área agrícola, vegetação rasteira, corpos d'água, solo exposto e área urbana de Pariquera-Açu – SP ao longo dos últimos 29 anos.
- Verificar a acurácia da classificação supervisionada de MAXVER das imagens de satélite através do coeficiente Kappa.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Quando sistemas realizam um determinado tratamento computacional de dados geográficos, usa-se o termo Sistema de Informação Geográfica (SIG), ele tem como maior diferença, quando comparado a um sistema de informação convencional, a alta eficiência em armazenar os atributos descritivos e as geometrias dos diferentes tipos de dados (CÂMARA, 2005).

Para Queiroz e Ferreira (2006), pode-se definir SIG como:

"O termo sistemas de informação geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. A principal diferença de um SIG para um sistema de informação convencional é sua capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos" (QUEIROZ; FERREIRA, 2006, p. 6).

O SIG ainda pode ser definido como um sistema formado por quatro grupos de habilidades para manusear dados georreferenciados, são eles: entrada, gerenciamento, manipulação e análise, e saída. São denominados assim os dados que possuem essencialmente duas características: dimensão física e localização espacial (ARONOFF, 1989).

Buzai (2000) explica que a grande dificuldade na estruturação de uma única definição está em suas próprias características, e também na pluralidade de aplicações ligadas a eles.

Com a evolução da tecnologia de geoprocessamento e de softwares gráficos o SIG é, em muitos casos confundido com geoprocessamento. De acordo com Burrough (2005):

O geoprocessamento é mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto um SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies" (ROSA *apud* BURROUGH, 2005, p. 81).

Esses SIG não processam gráficos, mas sim dados gráficos, destacando-se as análises espaciais e modelagens de superfícies, eles são "constituídos por uma

série de programas e processos de análises, da qual sua principal característica é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial” (TEIXEIRA; MORETTI; CHRISTOFOLETTI, 1992).

Segundo Tornero (2000), os SIG têm como principal característica a localização geográfica do caso, como os registros são geocodificados, eles permitem a representação da territorialidade e da topografia dos dados obtidos. A primeira vez que um SIG foi implementado foi em 1964 pelo governo Canadense, num programa de desenvolvimento e recuperação agrícola (ESTES; MAGUIRE; FLETCHER; FORESMAN, 1987)

Em 1982, o primeiro SIG foi estruturado no Brasil, após a participação do Dr. Roger Tomlinson, diversos grupos de pesquisas obtiveram uma maior estruturação para um maior desenvolvimento dos SIG. Na década de 1980, graças ao professor Dr. Jorge Xavier da Silva, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, foi criado o primeiro SIG no Brasil, o Sistema de Análise Geo-Ambiental – SAGA (MOREIRA, 2001).

Os SIG foram se desenvolvendo principalmente pela rápida evolução dos computadores e dos programas específicos, facilitando e resolvendo problemas com uma maior eficiência. O uso intenso desses sistemas está ligado ao aparelhamento de órgãos públicos e privados. Outra condição para o uso dos SIGs é a necessidade de uma base de dados georreferenciados, isto é, uma vinculação de pontos reais dispostos, geralmente caracterizados por suas coordenadas (MOREIRA, 2011).

Para Bolfe (2001), o SIG trabalha com dados geocodificados; superposição de informações temáticas das mais diversas áreas; elaboração de dados geoambientais, políticos, sociais e econômicos; determinação do uso da terra; avaliação da percentagem de cobertura temática (agricultura, mata, campos, entre outras) em determinada região; determinação de locais para instalação de complexos industriais, portos, barragens, etc. e avaliação da tendência de crescimento urbano.

Em geral, o SIG gera produtos ligados ao espaço físico, porém este pode também trabalhar com fenômenos climáticos, sociais e econômicos, humanos, entre outros. Então, após o uso dessa ferramenta é possível ter um maior conhecimento de uma determinada região, conseqüentemente tem-se uma futura tomada de decisão mais eficiente e segura. São inúmeras as aplicações desses sistemas, podendo ser facilmente trabalhados em um planejamento, monitoramento, manejo,

caracterização de espaços, entre outros. Contudo, é imprescindível a existência de mapas atualizados e também de dados georreferenciados da área a ser estudada, pois quando não há um banco de dados adequado, o trabalho torna-se ineficiente (FITZ, 2008).

Segundo Teixeira, Moretti e Christofolletti (1992) o SIG está se tornando em uma importante tecnologia para as empresas, órgãos públicos e institutos de pesquisa, justificando a procura de conhecimento a esse assunto, por um número cada vez maior de pessoas.

Moreira (2005) explica que os diversos dados (fotografias aéreas, imagens de satélites, mapas temáticos e cartográficos) são armazenados em um banco de dados geográficos, sendo diferenciados por duas classes de representação: matricial e vetorial. A Figura 1 ilustra a diferença entre os formatos vetoriais e matriciais.

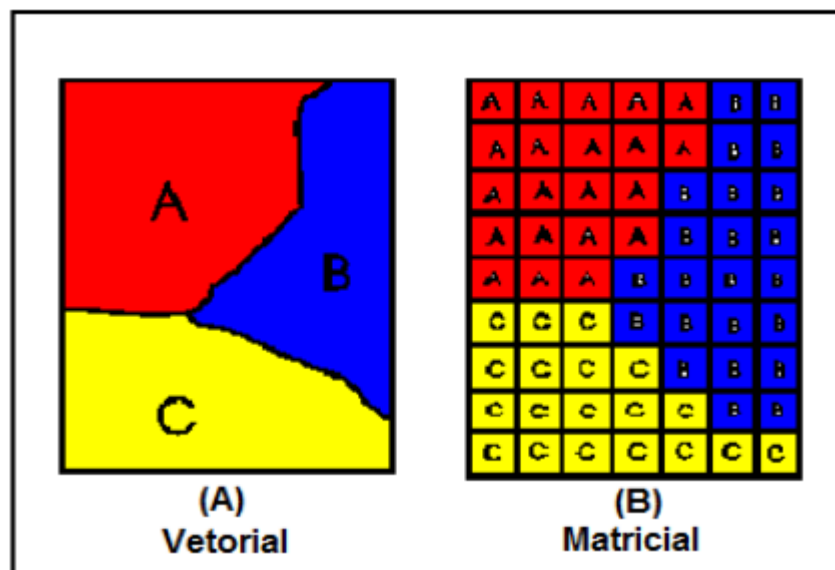


Figura 1 - Representação de dados vetoriais e matriciais
Fonte: Adaptado de DPI (2006).

Para representar os objetos do mundo real em suas determinadas localizações, na representação vetorial utiliza-se linhas, sombras e símbolos, conseqüentemente os mapas serão formados por pontos, linhas e polígonos (ROCHA, 2000).

Na representação do espaço matricial, cada célula é integrada por suas coordenadas e possui um número de linhas de colunas e um número (Z) correspondente ao atributo investigado, nas informações do satélite o Z faz

referência ao número digital (nível de cinza) médio dos alvos presentes no pixel. Neste formato estima-se que o espaço possa ser tratado como uma superfície plana, em que está associada cada célula a uma porção do terreno, a resolução do sistema é dada pela relação entre o tamanho da célula no mapa e a área por ela coberta no terreno (MOREIRA, 2005).

3.2 SENSORIAMENTO REMOTO (SR)

O termo SR apareceu pela primeira vez na literatura científica em 1960, era dito como uma simples obtenção de informação sem o contato físico com o objeto, seu desenvolvimento inicial é completamente ligado ao avanço da fotografia e à pesquisa espacial. A partir disso, esse termo tem amparado conceitos extremamente complexos dentre as mais diversas áreas (NOVO, 2001).

Com o objetivo de estudar a viabilidade do uso de sensores a bordo de satélites artificiais na obtenção de dados sobre os recursos naturais, em 1961, o satélite Mercury obteve fotografias da superfície terrestre. Com as fotografias obtidas nessa missão, foi possível afirmar o alto potencial de aplicações na identificação dos recursos terrestres (NOVO, 1989).

Segundo Fitz (2008) e Florenzano (2011), pode-se definir SR como uma tecnologia que utiliza sensores para a obtenção de imagens e outros tipos de dados à distância, através da energia refletida ou absorvida pela superfície.

O SR é o estudo da interação entre a natureza do objeto e a energia eletromagnética que ele reflete, isso permite identificar informações qualitativas e quantitativas da superfície. A refletância difere de acordo com sua combinação heterogênea de matéria mineral, orgânica, ar e água, mudando assim sua intensidade (BEN-DOR, 2002).

Basicamente existem três níveis de coleta de dados para o SR, sendo eles: terrestre, sub-orbital e orbital. Porém o nível orbital vem crescendo significativamente com relação aos outros, uma das principais razões é a criação de sensores de alta resolução geométrica e a probabilidade de que, futuramente haverá dados gratuitos dos mais diversos sensores, independentemente do satélite. São vários os satélites de SR existentes destinados ao monitoramento e levantamento dos recursos

naturais terrestres, dentre eles: Landsat, Spot, CBERS, Ikonos e QuickBird (MOREIRA, 2011).

As imagens obtidas através de satélites têm sido uma importante fonte de informação para a produção de novos mapas, pois melhor auxilia na determinação do uso e cobertura do solo, tem um custo relativamente baixo e regularidade de informações (CÂMARA; MEDEIROS, 1996).

Uma maior rapidez na análise e monitoramento da cobertura do solo tem ocorrido através de novas metodologias de processamento digital de imagens e análise em sistema de informação geográfica. Isso se dá pelo avanço tecnológico de equipamentos e sensores remotos, possibilitando assim uma maior compreensão dos resultados obtidos e conseqüentemente uma tomada de decisões mais eficiente (TONELI et al., 2009).

Meneses e Almeida (2012) esclarecem que todos os objetos que tenham uma temperatura acima de zero absoluto ($-273,15^{\circ}$ C ou zero Kelvin) manifestam uma movimentação aleatória das partículas dos átomos e das moléculas. Por conta disso, elas se colidem e alteram seus estados de energia, emitindo uma radiação eletromagnética. Sua potência irradiante de energia é proporcional à temperatura da fonte.

Ainda segundo os autores, imagens de SR não dependem apenas dos atributos técnicos dos sensores, dependem também da qualidade e intensidade das fontes de radiação eletromagnética. O Sol é a mais poderosa fonte de radiação eletromagnética em virtude de sua alta temperatura de superfície, próxima a 6000° C. O planeta Terra também é uma fonte dessa radiação, entretanto muito menos potente, pois a sua temperatura média é de apenas 27° C.

Steffen (1996) explica que o espectro eletromagnético é o agregado dos diferentes tipos de radiação eletromagnética conhecidas. Analisando o espectro eletromagnético no sentido dos maiores comprimentos de onda, são observados os seguintes tipos de radiações: radiação gama, raio-X, ultravioleta, visível, infravermelho, micro-ondas e rádio. O autor ainda fala que o conjunto de valores espectrais contínuos de uma grandeza radiométrica é chamado de espectro, podendo ser aplicado em construções de gráficos que se associam a amplitude espectral da grandeza com o correspondente comprimento de onda, os espectros constituem descrições das propriedades dos objetos, como mostra a Figura 2.

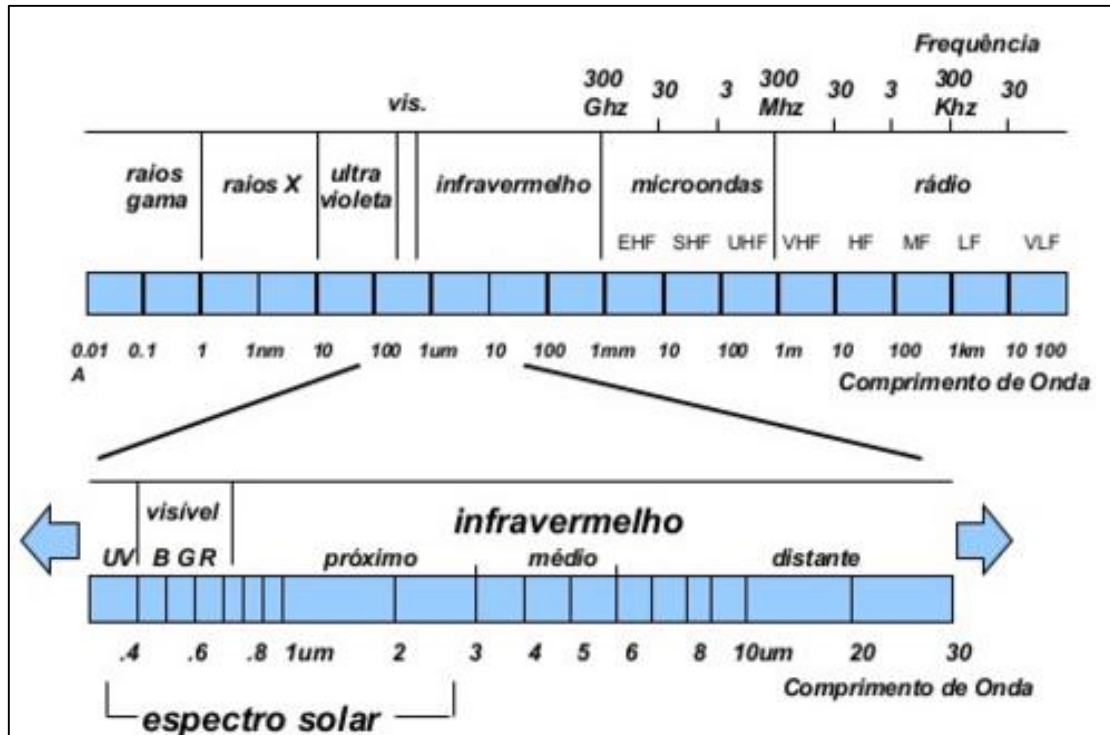


Figura 2 - Espectro eletromagnético
Fonte: INPE (2005)

O sensor TM do Landsat 5, opera em sete bandas do espectro eletromagnético. Três bandas na região do visível, três bandas na região do infravermelho refletido e uma banda na região termal (Moreira, 2001).

O sensor ETM+ do Landsat 7, foi seu sucessor, as configurações técnicas se mantiveram muito parecidas, oferecendo uma boa eficiência e versatilidade como na anterior. Além do mais, auxiliou na ampliação do uso dos produtos, pois conseguiu melhorar a qualidade do sistema, ampliou a resolução espacial da banda 6 (infravermelho termal) para 60 metros, além de tornar a banda pancromática funcional e permitir a geração de composições coloridas com 15 metros de resolução (EMBRAPA, 2013).

Ainda segundo a Embrapa, o sensor OLI do Landsat 8, possui bandas espectrais para coleta de dados na faixa do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, além de uma banda pancromática. Uma de suas principais vantagens é o aumento da resolução radiométrica, passando de 8 para 12 bits.

As Tabelas 1 e 2 mostram detalhadamente as características destes sensores.

Tabela 1 - Características dos Sensores TM (Landsat 5) e ETM+ (Landsat 7)

Banda	Faixa Espectral (μm)	Região do Espectro	Resolução Espacial (m)	Resolução Radiométrica	Resolução Temporal
1	0,45 – 0,52	Azul	30		
2	0,52 – 0,60	Verde	30		
3	0,63 – 0,69	Vermelho	30		
4	0,76 – 0,90	IV Próximo	30		
5	1,55 – 1,75	IV Médio	30	8 bits	16 dias
6	10,4 - 12,5	IV Termal	120 (TM) 60 (ETM+)		
7	2,08 - 2,35	IV Distante	30		
8*	0,52 - 0,90	Pancromático	15		

* Banda existente somente no sensor ETM+
 Fonte: Adaptado de U.S. Geological Survey.

Tabela 2 - Características do Sensor OLI (Landsat 8)

Banda	Faixa Espectral (μm)	Região do Espectro	Resolução Espacial (m)	Resolução Radiométrica	Resolução Temporal
1	0,43 - 0,45	Coastal aerosol	30		
2	0,45 - 0,51	Blue	30		
3	0,53 - 0,59	Green	30		
4	0,64 - 0,67	Red	30	12 bits	
5	0,85 - 0,88	Near Infrared	30	originais e reamostrado para 16 bits	16 dias
6	1,57 - 1,65	Short-wave Infrared 1	30		
7	2,11 - 2,29	Short-wave Infrared 2	30		
8	0,50 - 0,68	Pancromatic	15		
9	1,36 - 1,38	Cirrus	30		

Fonte: Adaptado de U.S. Geological Survey.

Para cada uma das bandas espectrais dos sensores TM e ETM+ existem diferentes aplicações, sendo utilizadas de acordo com sua necessidade (INPE). O Quadro 1 a seguir evidencia as principais aplicações de acordo com cada banda.

Canal	Faixa Espectral (μm)	Principais aplicações
1	0,45 - 0,52	Mapeamento de águas costeiras Diferenciação entre solo e vegetação Diferenciação entre vegetação coníferas e decídua
2	0,52 - 0,60	Reflectância de vegetação verde sadia
3	0,63 - 0,69	Absorção de clorofila Diferenciação de espécies vegetais
4	0,76 - 0,90	Levantamento de biomassa Delineamento de corpos d'água
5	1,55 - 1,75	Medidas de umidade da vegetação Diferenciação entre nuvens e neve
6	10,4 - 12,5	Mapeamento de estresse térmico em plantas Outros mapeamentos térmicos
7	2,08 - 2,35	Mapeamento hidrotermal

Quadro 1 - Principais aplicações dos sensores TM e ETM+ por banda

Fonte: INPE (2005)

Segundo Hoffer (1978), para propósitos de estudos da vegetação, o espectro da radiação refletida é dividido em três partes: visível (VIS), infravermelho próximo (IVP) e infravermelho médio (IVM).

Através de desmatamentos, implantações de pastagens e cultivos, construções de estradas, implantação de indústrias, urbanização, entre outros, o homem modifica os espaços terrestres. Com o auxílio de imagens obtidas por sensores remotos, a identificação dos diferentes usos do espaço estudado se torna mais eficiente e confiável. Quando comparada em diferentes datas, é possível fazer um estudo do processo de transformação do local (FLORENZANO, 2011). O autor ainda complementa dizendo que com a análise multitemporal das imagens é possível monitorar a variação da lâmina da água de lagos, rios e represas e também estudar e monitorar a poluição desses ambientes aquáticos, possivelmente provocada pelo uso de fertilizantes utilizados na agricultura e também de esgotos domésticos e industriais.

Para Valente (1996), as técnicas de SR e SIG se apresentam como importantes ferramentas para a determinação de áreas de ocupação em um estudo realizado na região de Porto Alegre. Ficou claro também a relevância do uso de dados multiespectrais e temporais para a atualização de mapas existentes de cobertura vegetal e uso da terra.

Segundo Moreira (2011), os sistemas sensores não fotográficos podem ter suas particularidades apresentadas em quatro campos de resolução: radiométrica, espectral, espacial e temporal. Ainda segundo o autor, a resolução radiométrica é “a sensibilidade radiométrica do detector em poder discriminar, numa área imageada, alvos que apresentam pequenas diferenças da radiação refletida”. Pode-se dizer que quando o sensor consegue perceber mudanças da radiância espectral da região avaliada, também temos resolução radiométrica.

Para Figueiredo (2005), resolução radiométrica tem relação com a faixa de valores numéricos associados aos pixels. Esse valor numérico simboliza a intensidade da radiância oriunda da área do terreno correspondente ao pixel e é denominado de nível de cinza. A faixa de valores depende do número de bits empregado para cada pixel. Meneses e Almeida (2012), explicam que geralmente essa quantização é expressada em termos de números de dígitos binários (bits). Portanto, quanto maior for esse número, melhor será a qualidade visual da imagem, como é indicada na Figura 3. Os autores explicam que a imagem com melhor detalhe visual é a de 8 bits, por conter 256 níveis de cinza, conseqüentemente a pior será a de 2 bits, com apenas 4 níveis de cinza.

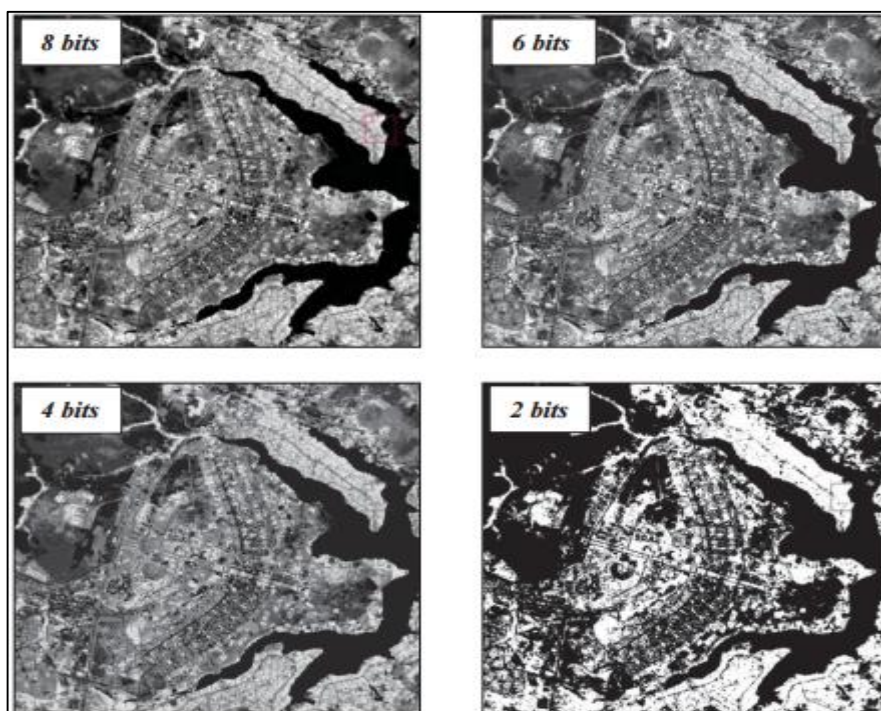


Figura 3 - Exemplo de imagens com diferentes resoluções radiométricas
Fonte: Meneses e Almeida (2012, p. 30)

A resolução espectral está relacionada ao poder de resolução que o sensor tem para distinguir diferentes alvos sobre a superfície terrestre, ou seja, refere-se à qualidade da caracterização dos alvos em função da largura da banda espectral em que o sensor está operando. Uma boa resolução espectral depende da largura de faixa que opera o sensor, quanto mais larga, melhor será a resolução espectral (MOREIRA, 2001)

De acordo com Fitz (2008), a resolução espacial é entendida como “a capacidade óptica do sensor em função do seu campo de visada”. O autor vai mais a fundo e fala da importância da resolução espacial da imagem, que interfere diretamente no rigor da classificação, explicando que o profissional que interpretará a imagem deverá ter um bom conhecimento da área de estudo, pois diversos fenômenos da natureza dificultam a interpretação da imagem. Já Moreira (2011) diz que esse tipo de resolução tem como princípio “a projeção geométrica do detector na superfície terrestre, definindo a sua área do campo de visada do instrumento em certa altitude e em determinado instante”.

Por fim, a resolução temporal segundo Fitz (2008), consiste no intervalo de tempo que o sensor leva para conseguir cada cena. Um exemplo é o satélite Cbers-2 que tem um intervalo de captação de 26 dias, ou seja, possui uma resolução temporal de 26 dias. Moreira (2011) ressalta a importância da resolução temporal, afirmando que só é possível realizar um acompanhamento dinâmico dos alvos sobre a superfície da Terra, com a utilização desse tipo de resolução.

Segundo Richards (1986) o satélite Landsat é operado pela Earth Observation Satellite Company (EOSAT), tendo o primeiro lançamento ocorrido em 1972. Por se tratar do programa de satélites de recursos terrestre mais antigo, e disponibilizando imagens gratuitas desde 1973, o programa apresenta um importantíssimo acervo histórico de imagens orbitais (NASA, 2013).

Dainese (2001), descreve os sensores remotos colocados em plataformas orbitais, como o satélite Landsat permitem obter imagens com periodicidade, gravando a energia emitida ou refletida em diferentes faixas espectrais.

Há diversos anos as imagens Landsat vem mostrando sua importância no fornecimento de recursos para os que trabalham na agricultura, geologia, planejamento regional, mapeamento e pesquisas em mudanças globais. O projeto foi uma iniciativa entre o US Geological Survey (USGS) e a National Aeronautics and Space Administration (NASA), sendo o Landsat 8 o oitavo da série de satélites

do programa, lançado dia 30 de maio de 2013, continuando assim a aquisição de dados de alta qualidade para observar o uso da terra e as mudanças da mesma (NASA, 2013).

3.3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Para Crósta (1992), processamento digital de imagens (PDI) pode ser definido como a análise e manipulação de imagens através de computadores, tem como objetivo extrair o máximo de informação de uma determinada imagem, fazendo com que a imagem transformada tenha uma maior facilidade para ser examinada por um analista.

A experiência do analista é muito importante quando se trabalha com imagens de satélite, pois além da necessidade de ter competência quanto às técnicas de sensoriamento, ele também precisa de um conhecimento da área de estudo (MOREIRA, 2001).

Uma manipulação numérica de imagens digitais, tem como objetivo melhorar o poder de distinção dos alvos. O processamento de imagens tem ligação com a correção de distorções, degradações e ruídos introduzidos na imagem durante o processo de mapeamento (BRITO; ROSA, 1996, p. 83).

A inclusão de técnicas computacionais para interpretação visual tem como grande vantagem a capacidade de processar uma grande quantidade de informações de imagem, trabalho limitado ao ser humano (MOREIRA, 2001).

O processamento digital de imagens ocorre através de softwares específicos, sendo aplicadas técnicas de processamento. É imprescindível o conhecimento do tipo de transformação que foi aplicada aos dados, pois assim são evitadas perdas de informações e erros na hora de se fazer a interpretação do produto que foi gerado. São três os grupos que essas técnicas podem ser agrupadas, são eles: pré-processamento, realce e classificação (FLORENZANO, 2011).

Ainda segundo o autor, o pré-processamento corresponde ao primeiro tratamento dos dados, com intuito de ajustar a radiometria da imagem, mitigar os efeitos da atmosfera, remover ruídos, fazer a correção de distorções geométricas e

reduzir os efeitos da topografia. Deve-se evitar grandes alterações dos dados brutos nessa etapa do tratamento.

Solomon (2013) explica que realce tem como finalidade processar a imagem para que esta tenha uma maior clareza nas informações, facilitando posteriormente a avaliação do observador, tornando-a mais aceitável ou agradável.

O realce de imagens é um conjunto de processos aplicados para que a imagem em questão tenha uma qualidade visual melhorada, habitualmente sendo aplicado em toda imagem de satélite que se quer estudar (MOREIRA, 2011).

3.3.1 CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS

Fitz (2008) relata que uma das mais importantes ferramentas de análise de imagens multiespectrais se dá pelos métodos de classificação dessas imagens. Estes procedimentos se relacionam diretamente à sua aplicação nas técnicas de geoprocessamento e, decorrentemente de análises geográficas.

Seguindo ainda o raciocínio do autor, ele resume classificação de imagens de SR como um método de reconhecimento de determinados dados na imagem em estudo, através de associações de cada pixel com uma classe previamente estabelecida, sendo normalmente feita a comparação entre pelo menos duas bandas de espectro.

Para Solomon (2013), a classificação das imagens tem como objetivo “identificar propriedades, padrões ou estruturas características em uma imagem para acomodá-las em uma classe particular”. Por fim, Moreira (2011) explica que através de programas apropriados, a classificação tem como foco principal definir cada pixel por meio de algoritmos estatísticos da imagem com o respectivo uso do solo. Podendo ser nomeada como supervisionada ou não supervisionada, dependendo do algoritmo utilizado no procedimento.

Segundo o Embrapa (2013), as principais aplicações destes satélites são:

- Mapeamentos temáticos diversos, na área de recursos naturais, agricultura, silvicultura, pedologia, queimadas, proteção e conservação da natureza, monitoramento ambiental, poluição;

- Hidrologia, mapeamentos de áreas alagadas, eutrofização;
- Prospecção geológica, atualização de mapas e cartas, classificação de tipos de rochas, recursos minerais, mapas geomorfológicos;
- Mapas de uso e cobertura das terras, atualização de mapas e dados cartográficos, mapas de aptidão agrícola das terras, identificação de áreas irrigadas, mudanças climáticas;
- Planejamento urbano e regional, infraestrutura, indicadores sociais, etc.

No tipo de classificação supervisionada a intenção é utilizar modelos já existentes para criar um classificador que possa ser de uso comum em novos modelos (SOMOLON, 2013)

Florenzano (2011) explica que na classificação supervisionada o observador identifica os pixels de interesse para que posteriormente o algoritmo faça automaticamente a localização de todos os outros pixels pertencentes a mesma classe, fundamentado em uma regra estatística previamente já estabelecida.

O método de MAXVER encontra-se entre os mais utilizados, daqueles classificados como supervisionados (MOREIRA, 2011). Esse método de classificação tem como princípio comparar um pixel externo com uma amostra de um pixel anteriormente definido, utilizando a média e a covariância dos mesmos (FITZ, 2008). O autor ainda explica que, é necessário um conhecimento prévio da área estudada para definir com maior precisão as classes representativas.

Pode-se avaliar o desempenho de uma classificação através de diversos métodos. Rosenfield e Fitzpatrick-Lins (1986) relatam que entre os métodos possíveis, a matriz de erros, que aponta, em sua diagonal principal, a concordância dos pixels classificados e, na soma dos valores periféricos às linhas e colunas, respectivamente, os erros de inclusão e omissão para cada classe temática. Entretanto, o autor sugere o uso do coeficiente Kappa, ele faz o uso de todas as células da matriz de erro, e não somente dos elementos da diagonal, ou seja, faz a medição da probabilidade de um pixel ser corretamente classificado em relação à probabilidade da classificação incorreta.

A estatística Kappa pode variar entre 0 a 1. Um valor de Kappa igual a 0 indica que a classificação não tem um total acordo com a realidade, podendo conter diversos erros na classificação aleatória dos pixels. Quando se tem um valor igual a 1, indica um processo de classificação com alta eficiência (MOREIRA, 2001).

Por fim, Landis e Koch (1997) indicam que as classificações podem ser avaliadas conforme a Tabela 3:

Tabela 3 - Classificação do mapa temático com base no índice Kappa

Coeficiente kappa (k)	Classificação do mapa temático
$K < 0,2$	Ruim
$0,2 < K < 0,4$	Razoável
$0,4 < K < 0,6$	Bom
$0,6 < K < 0,8$	Muito bom
$K > 0,8$	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

Congalton (1991) explica que o uso do kappa é importante para avaliar a precisão da classificação final, pois o índice leva em consideração toda a matriz de confusão no seu cálculo, diferentemente da exatidão global, que utiliza somente os elementos diagonais.

4 METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área estudada está localizada no litoral Sul do estado de São Paulo, mais precisamente em Parquera-Açu, que é localizada no Vale do Ribeira, onde veio a tornar-se um município no dia 30 de dezembro de 1953, quando pela lei estadual nº 2456, seu território foi desmembrado do município de Jacupiranga. Atualmente o município possui uma extensão territorial de 359,69 km², localizada a uma latitude 24°42'37" sul e a uma longitude 47°53'2" oeste e fazendo divisa com Cananéia, Registro, Iguape e Jacupiranga (Figura 4).

O município tem uma altitude média de 26 metros acima do nível do mar, sendo atravessado pelos rios Parquera-Açu, Parquera Mirim Jacupiranga e outros cursos de água de menor importância. Segundo dados do IBGE, Parquera-Açu tinha uma população de 18.446 no ano de 2010, com uma população estimada para 2015 de 19.391.

A migração para o centro urbano vem ocorrendo desde os anos 1980, na qual houve uma queda das populações rurais, não somente do município de Parquera-Açu como também nas cidades em seu entorno, o que acabou gerando um aumento das áreas urbanizadas.

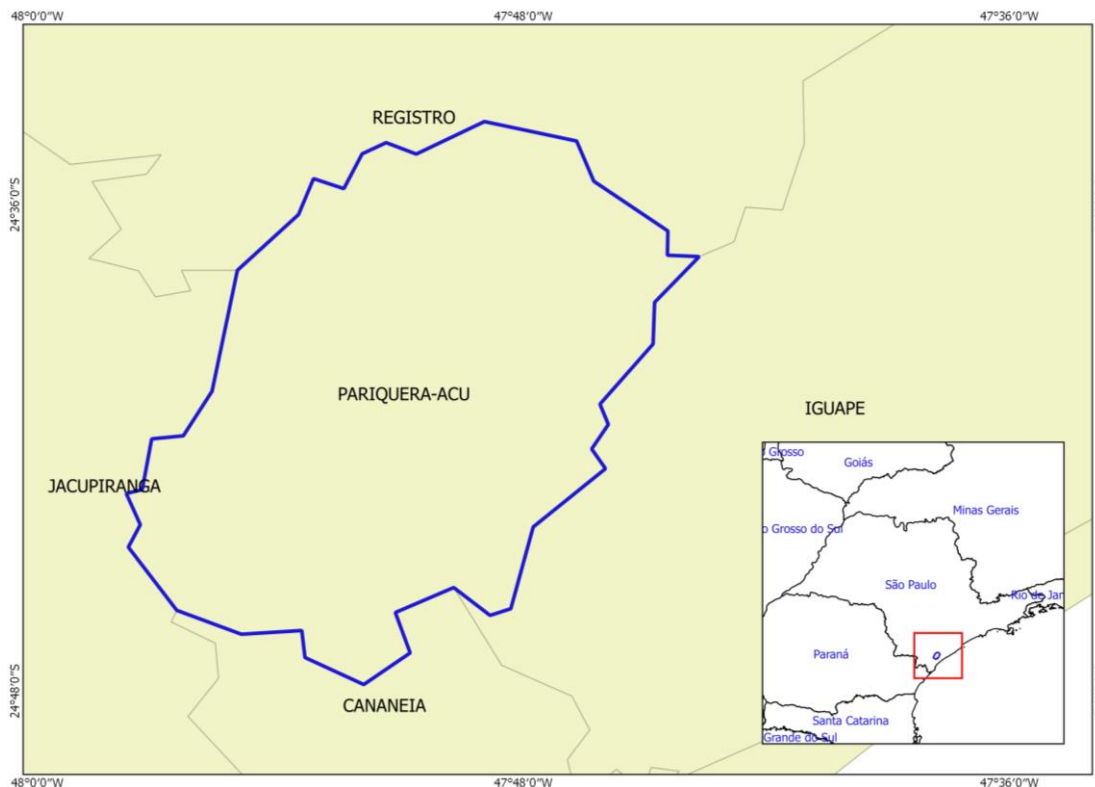


Figura 4 - Localização do município de Pariquera-Açu

O clima de Pariquera-Açu é quente e temperado. Existe uma pluviosidade alta ao longo do ano no município, mesmo durante o mês mais seco ela é muito alta. De acordo com a Köppen e Geiger o clima é classificado como Cfa. A temperatura média anual é 22.0 °C e a média anual de pluviosidade é de 1.672 mm (CLIMATE).

Um distrito com zonas urbana e rural, ainda conta com um sistema de educação que dispõe de três escolas de ensino médio, onze pré-escolas e dezesseis escolas de ensino fundamental. O município ocupa o 497^a lugar no ranking de educação do estado de São Paulo segundo o Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS).

Segundo o Plano municipal de saneamento básico (2010), Pariquera-açu conta com três sistemas de abastecimento de água sendo, 1 urbano (captação superficial) e dois rurais (poços), que são administrados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). Além disso possui também sete reservatórios, três estações elevatórias e três unidades de tratamento de água. O PIB é composto pelo setor de serviços que representam em torno de 75,6% do total, o setor industrial tem uma representatividade de 10,8% e o setor agropecuário de 13,6%.

O clima encontrado na baixada do ribeira, que em sua grande parte é uma área úmida e quente, com presença de água, luz e calor o ano todo. O conjunto destes fatores favorecem o crescimento de florestas úmidas. Pode-se dizer também que o principal fator para se encontrar esse tipo de vegetação é a condição climática, apesar de encontrarmos uma grande diversidade litológica, associada à importância dos depósitos marinhos e fluviais, o que gera diversos ambientes edáficos (SILVEIRA, 1950).

Existe um parque que ocupa grande área no município, ele foi criado pelo decreto 8.873, de 16 de agosto de 1994, com o nome de Parque Estadual de Pariquera Abaixo. A vegetação é dominada por floresta de restinga, floresta paludosa (bromélias), caxetal e guanandizal. Sua fauna é bastante rica e diversificada com vários tipos de aves e outros animais. O parque atende a todos programas de gestão de uma unidade de conservação, no entanto seu maior foco é na educação ambiental, onde busca desenvolver atividades direta junto com estudantes e moradores da região (Governo do Estado de São Paulo).

De acordo com a Divisão Geomorfológica do Estado de São Paulo, o município de Pariquera-Açu está localizado na Província Costeira, sendo a área do estado drenada diretamente para o mar. Contém uma enorme complexidade de formas de relevo e na região serrana forma escarpas abruptas e festonadas, desenvolvidas ao longo de anfiteatros sucessivos, separados por espigões.

A região em que o município se encontra é conhecida por possuir pequenas áreas de solos classificadas como - muito bom (classes I, II e III) - e grandes áreas de solos apenas regulares para agricultura. Seus principais motivos se deve à baixa riqueza de seus solos e ao excesso de água, além de limitações impostas pela mecanização, tanto pelo encharcamento como pela existência de terrenos muito acidentados.

4.2 ETAPAS DO PROCESSO DE CLASSIFICAÇÃO

Para atingir os objetivos desta pesquisa, de análise multitemporal da cobertura do solo do município de Pariquera-Açu, alguns parâmetros tiveram efetiva

relevância. O período temporal foi de aproximadamente 29 anos, entendendo que nesse tempo ocorreram diversas mudanças visíveis no município.

As imagens escolhidas para o estudo foram as da série Landsat, pois elas dão total suporte para atender os objetivos traçados.

A Figura 5 ilustra um fluxograma detalhado das etapas adotadas para a realização do trabalho.

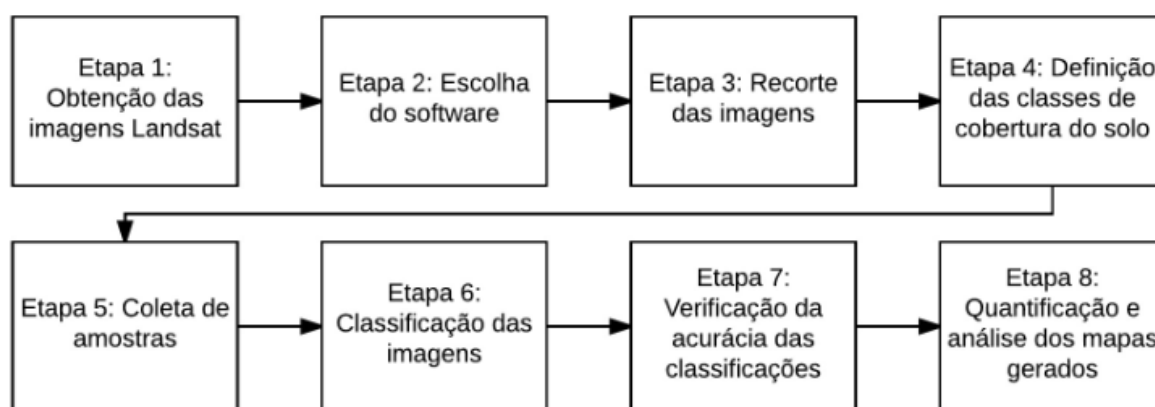


Figura 5 - Fluxograma representando as etapas realizadas no processo de classificação

Compreende-se que todo o processo de classificação supervisionada por MAXVER foi separado em oito etapas, sendo desde a obtenção das imagens até sua quantificação e análise dos mapas gerados. Essas etapas serão mais detalhadas a seguir.

I. ETAPA 1 - OBTENÇÃO DAS IMAGENS LANDSAT

As imagens foram adquiridas gratuitamente através do site da NASA (<http://earthexplorer.usgs.gov>), por meio do seu catálogo de imagens. A Tabela 4 mostra detalhadamente mais informações sobre cada imagem.

Tabela 4 - Imagens utilizadas na pesquisa

Data	Satélite	Sensor	Órbita/Ponto	Resolução espacial
14/09/1986	Landsat-5	TM		
24/06/2000	Landsat-7	ETM+	220/77	30m
10/06/2015	Landsat-8	OLI		

Como pode-se notar, a imagem de 1986 foi capturada através do satélite Landsat 5 TM, a imagem de 2000 foi pelo Landsat 7 ETM+ e a do ano de 2015 foi capturada pelo satélite Landsat 8 OLI, todas tendo uma resolução espacial de 30 metros. O município se encontra na órbita 220 e ponto 77. As imagens tiveram que ser escolhidas em meses distintos devido às variações das nuvens que cobriam a área de interesse.

De modo sucinto, a quantidade de bits de uma imagem refere-se à quantidade de informação espectral contida em um único pixel da imagem. O satélite Landsat 5 e 7 têm resolução radiométrica de 8 bits, o que significa ter um registro de imagens em 256 níveis de cinza, diferente do Landsat 8 que já possui uma resolução radiométrica de 16 bits, conseqüentemente com 65.536 níveis de cinza. Portanto para obter-se uma equivalência das imagens no momento das análises, foi realizado uma transformação das imagens do Landsat 8 de 16 para 8 bits.

O Landsat 8 contém 11 bandas, diferente do Landsat 5 e Landsat 7 que possui 7 bandas somente. Conseqüentemente as combinações utilizadas para criar composições RGB diferem do Landsat 5 e Landsat 7 para o Landsat 8.

A Figura 6 mostra algumas combinações de bandas comuns dos satélites Landsat 5 e 7 e qual sua equivalência com relação as bandas do Landsat 8.






		Landsat 7 Landsat 5	Landsat 8
	Cor Infravermelho:	4, 3, 2	5,4,3
	Cor natural:	3, 2, 1	4,3,2
	Falso Cor:	5,4,3	6,5,4
	Falso Cor:	7.5.3	7,6,4
	Falso Cor:	7,4,2	7.5.3

Figura 6 - Combinações equivalentes entre satélites
Fonte: U.S. Geological Survey

Nota-se que as combinações para o Landsat 5 e Landsat 7 são as mesmas, já para o Landsat 8 é preciso fazer o uso de bandas diferentes para se obter o mesmo resultado.

Foram testadas várias composições RGB entre as bandas dos satélites Landsat, foi necessário definir a melhor composição colorida, dentre as composições testadas. Para as imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 7 a composição colorida RGB que demonstrou uma melhor interpretação visual foi com as bandas 5 (infravermelho médio), 4 (infravermelho próximo) e 3 (vermelho), respectivamente.

O satélite Landsat 8 contém mais bandas e conseqüentemente se difere de combinações de satélites mais antigos. Para um resultado semelhante, a composição colorida RGB escolhida foi com as bandas 6 (short-wave Infrared 1), 5 (near Infrared) e 4 (red), respectivamente.

Essa composição colorida segundo Disperati et al. (2003) é muito utilizada para estudos que envolvam avaliações de recursos ambientais.

É essencial entender qual o tipo de alteração será utilizado nas informações do SR, para garantir que não haja perda de dados e imprecisão no seu entendimento. Por serem imagens disponibilizadas pela NASA, não foi necessário realizar o pré-processamento, pois as mesmas já são ortorretificadas.

As técnicas de realce têm por objetivo beneficiar a qualidade visual das imagens para que a interpretação da mesma seja favorecida (MOREIRA, 2011; FLORENZANO, 2011).

II. ETAPA 2 - ESCOLHA DO SOFTWARE

Existem diversos softwares capazes de realizar as etapas de tratamento de classificação das imagens, dentre eles o escolhido foi o QGis 2.10.1. Através dele foi possível realizar a importação das imagens, composição colorida, realce, classificação e quantificação.

A classificação do tipo supervisionada, foi realizada por meio do plugin Semi-automatic Classification Plugin (SCP), disponível para download pelo próprio software. Já a quantificação das áreas das classes obtidas, fez-se necessário o uso de mais um plugin, chamado Statist.

O QGis tem uma interface e linguagem espacial, que são baseadas em modelos de dados orientados a objetos. Devido a esse sistema é possível garantir o bom desempenho em várias aplicações. O download pode ser realizado através do site (http://qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html), de forma gratuita.

III. ETAPA 3 - RECORTE DAS IMAGENS

Como as imagens baixadas são de uma área maior do que a de interesse, foi utilizada a ferramenta de recorte, sendo descartada as áreas externas. O arquivo vetorial do limite do município de Pariquera-Açu para fazer o recorte foi adquirido através de bases cartográficas disponibilizadas pelo IBGE, podendo ser encontradas em seu próprio site (<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>).

IV. ETAPA 4 - DEFINIÇÃO DAS CLASSES DE COBERTURA DO SOLO

Através da análise visual das imagens e informações reais obtidas em campo, foram definidas as classes de uso e cobertura do solo a serem mapeadas. Portanto, através de análises e interpretações o que cada tonalidade da imagem irá representar. As classes escolhidas foram: vegetação arbórea, vegetação rasteira, solo exposto, corpos d'água, agricultura e área urbana. Sendo que a área urbana foi vetorizada manualmente.

V. ETAPA 5 – COLETA DE AMOSTRAS

Após a definição das classes a serem representadas, realizou-se a coleta de amostras da imagem, pretendendo associar determinados pixels a uma classe já definida. A quantidade de amostras de cada classe se diferenciou de acordo com sua quantidade e variação de tom de uma mesma classe.

VI. ETAPA 6 - CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS

Nessa etapa, a imagem foi classificada “pixel a pixel”, sendo feita a utilização do algoritmo de MAXVER, através do SCP.

Esse método foi feito de acordo com Fitz (2008), que resume em 4 passos: o primeiro passo consiste na escolha de polígonos para se fazer uma delimitação de acordo com as classes consideradas. O segundo passo deve estabelecer uma ligação entre as feições apontadas pelos polígonos e as porções por eles abarcadas na imagem; posteriormente é estabelecida uma certa probabilidade de um dado pixel externo aos polígonos referir-se às suas devidas classes; por fim o software efetua as operações e reproduz um mapa temático com suas classes características.

VII. ETAPA 7 - VERIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DAS CLASSIFICAÇÕES

Para a avaliação da precisão da imagem final produzida no processo de classificação, foi realizado o cálculo do índice Kappa. Esse cálculo foi realizado através da equação abaixo, descrita por Landis e Koch (1977):

$$\text{Kappa} = \frac{(P_o - P_c)}{(1 - P_c)}$$

Onde:

Po = proporção verdadeira

Pc = proporção esperada

Salienta-se que a classe denominada de área urbana não foi incluída nos cálculos devido ao fato dela ser gerada de forma manual, ficando então indisponível para tal procedimento.

VIII. ETAPA 8 - QUANTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS MAPAS GERADOS

A etapa final consistiu em realizar análises quantitativas das alterações ocorridas no uso e cobertura do solo com o passar dos anos, a partir do mapeamento das classes geradas. Essa etapa de quantificação das áreas obtidas foi realizada através do Statist, disponível no QGis. Com esses dados foi possível realizar uma análise mais aprofundada das mudanças ocorridas com o passar dos anos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a utilização das imagens dos satélites da série Landsat foi possível realizar o mapeamento de seis diferentes tipos de classes de uso e cobertura do solo nos mapas temáticos dos anos de 1986, 2000 e 2015 e quantificar cada classe.

A Tabela 5 a seguir, apresenta as medidas em km² de cada classe do uso e cobertura do solo, como também as suas respectivas porcentagens.

Tabela 5 - Áreas das classes de cobertura do solo dos anos de 1986, 2000 e 2015 do município de Pariquera-Açu

Classe	Área					
	1986		2000		2015	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Vegetação arbórea	253,37	70,52	216,34	60,21	236,46	65,81
Corpos d'água	1,47	0,41	1,41	0,39	1,64	0,46
Solo exposto	35,85	9,98	54,57	15,19	36,36	10,12
Vegetação rasteira	25,05	6,97	49,25	13,71	57,72	16,07
Agricultura	40,06	11,15	32,93	9,17	22,11	6,15
Área Urbana	3,49	0,97	4,79	1,33	5,00	1,39

Segundo o IBGE, o município de Pariquera-Açu possui uma extensão territorial de aproximadamente 359 km². Deste total, o mapa do ano de 1986 apresentou que 253,37 km² são de vegetação arbórea, que corresponde a 70,52%. A segunda classe com maior representação foi a de agricultura com 40,06 km², cerca de 11,15% do município, seguida pelo solo exposto com 35,85 km² (9,98%). A vegetação rasteira conteve 25,05 km², o que significa 6,97% de toda área do município. A classe área urbana e corpos d'água resultaram em menos de 1% do limite municipal, com 3,49 km² e 1,47 km², respectivamente (Tabela 5).

No ano de 2000, a classe mais representativa foi novamente a de vegetação arbórea, com 216,34 km² da área total, correspondendo a 60,21%. Com um alto crescimento, o solo exposto passou a ter uma área territorial de 54,57 km², aproximadamente 15,19 %. A classe vegetação rasteira, apresentou um aumento e totalizou 49,25 km² de área, representando com 13,71%. Sofrendo uma queda, a agricultura conteve apenas uma área de 22,11 km² (9,17%). Por fim, a área urbana obteve uma 4,79 km² de território, sendo de aproximadamente 1,33 % e a classe

corpos d'água apresentou um mínimo decréscimo, ficando com 1,41 km², cerca de 0,39%.

No mapeamento temático de 2015 a classe vegetação arbórea tem uma maior predominância comparado ao ano de 2000, obtendo uma área total de 236,46 km², representando 65,81% do limite municipal. A área ocupada pela vegetação rasteira manteve-se em crescimento, com 57,72 km² (16,07%). A classe de solo exposto apresentou um decréscimo e ocupou 36,36 km² do município, o que significa 10,12%. A agricultura teve outra baixa significativa, ficando com apenas 22,11 km², representando 6,15% da área total. As classes de área urbana e corpos d'água tiveram um pequeno crescimento, com 1,39% e 0,46% da representação da área total do município, respectivamente.

Os mapas temáticos gerados a partir da classificação supervisionada de MAXVER são representados a seguir, nas Figuras 7, 8 e 9, respectivamente.

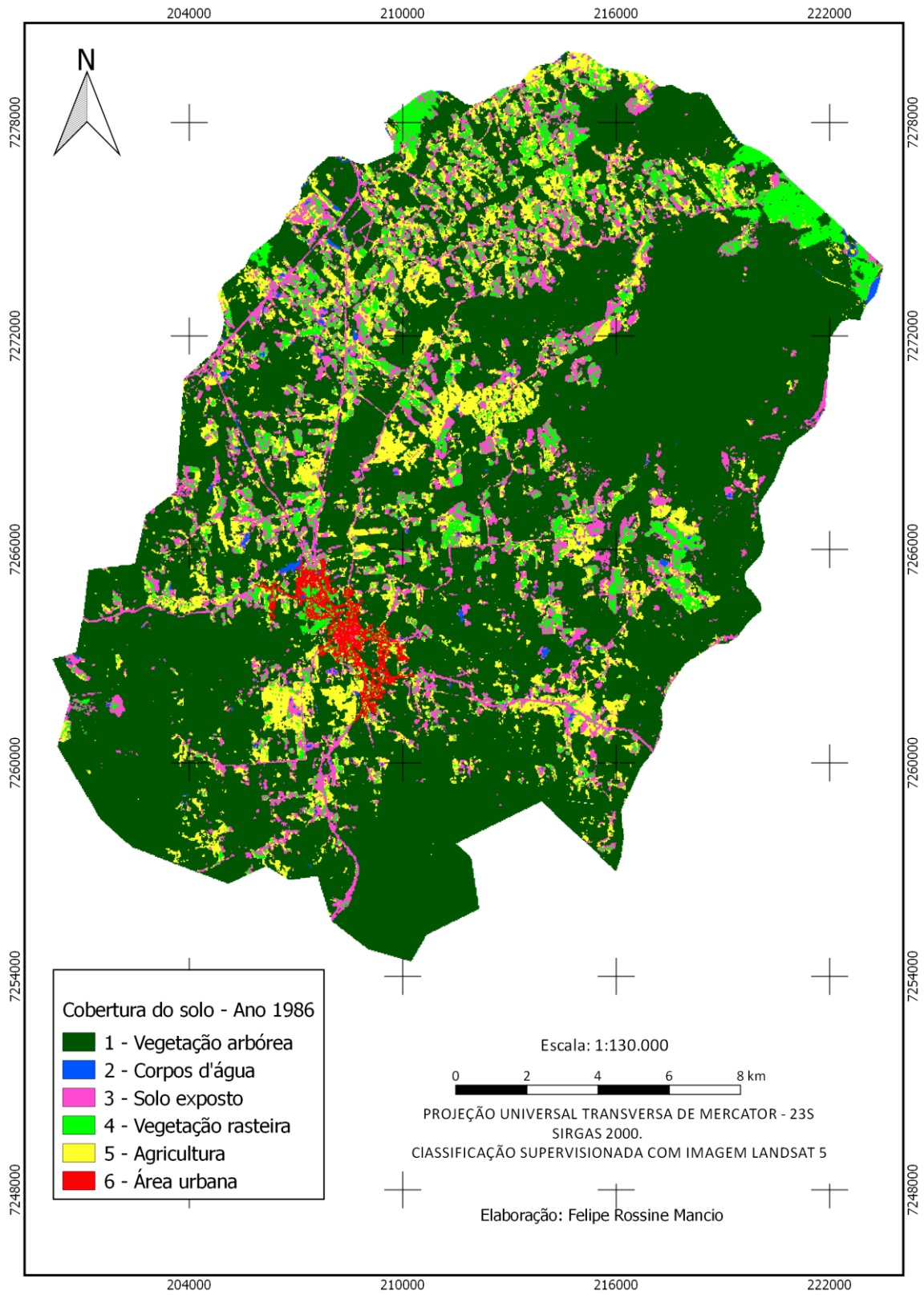


Figura 7 - Mapa de cobertura do solo do ano de 1986 no município de Pariqueira-Açu – SP

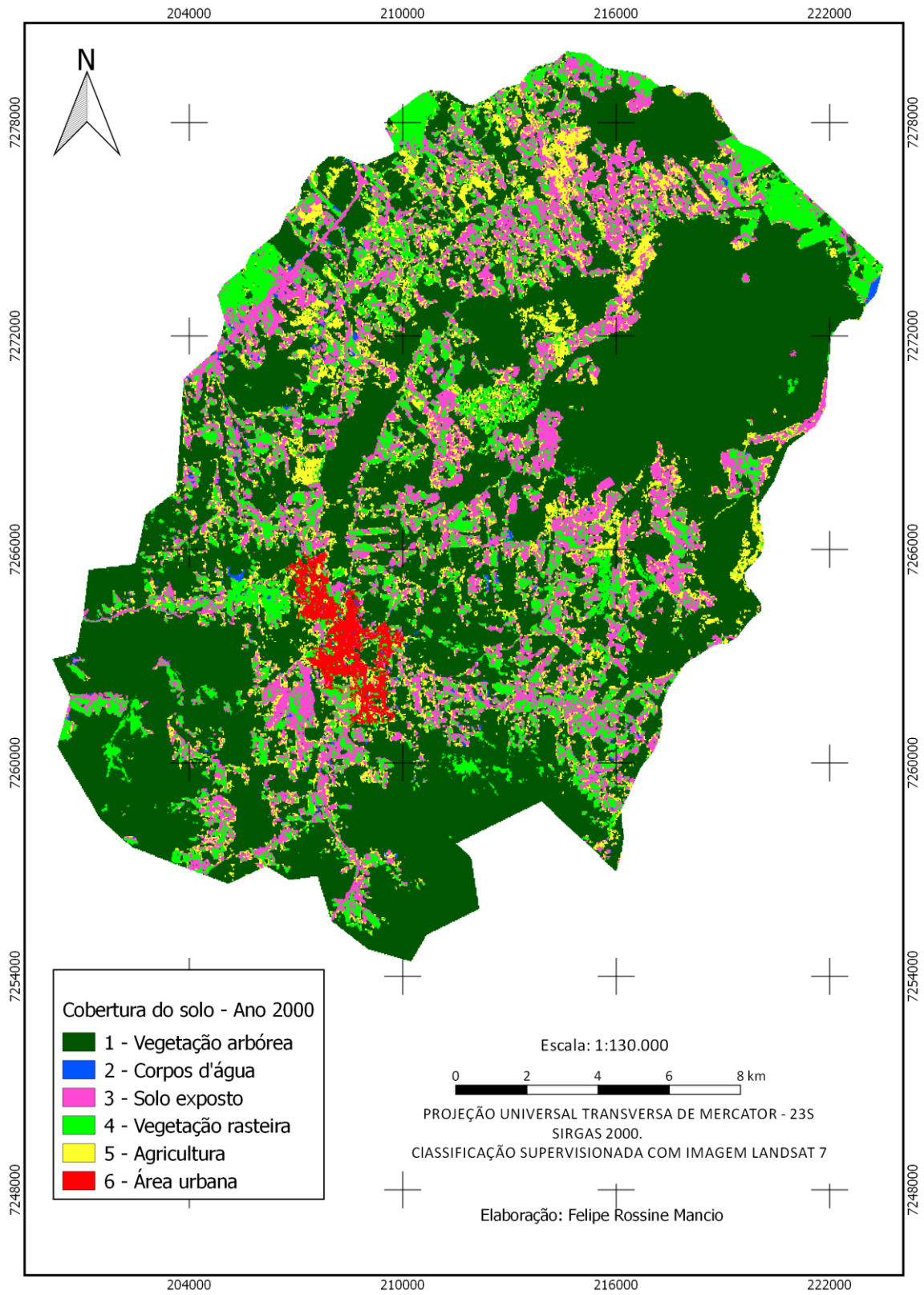


Figura 8 - Mapa de cobertura do solo do ano de 2000 no município de Pariquera-Açu – SP

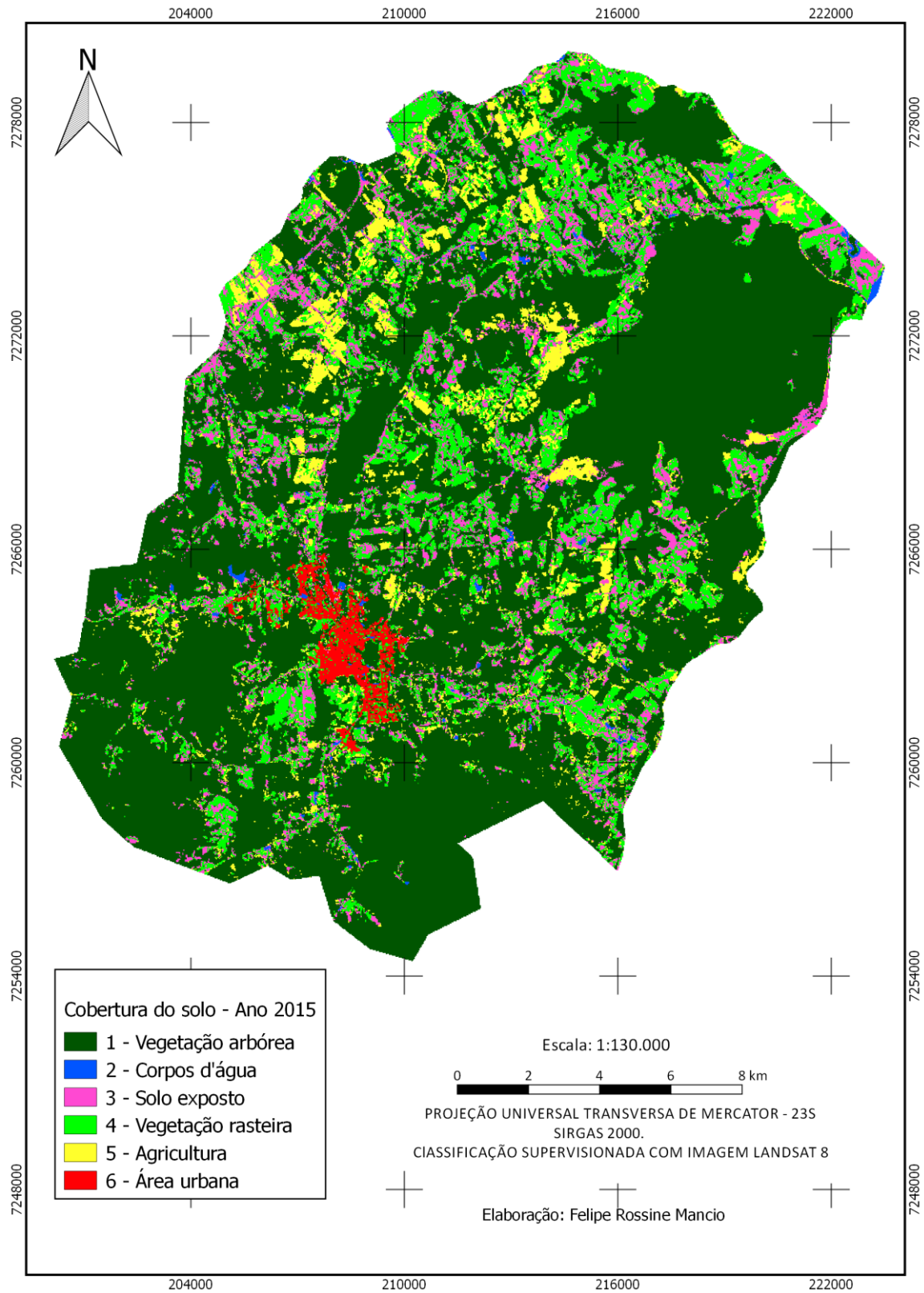


Figura 9 - Mapa de cobertura do solo do ano de 2015 no município de Pariqueira-Açu – SP

Com o cruzamento e a correlação das classes foi permitido fazer análises comparativas das mudanças espaciais e temporais na área de estudo, observando que ocorreram diversas mudanças significativas entre os anos estudados.

A Figura 10 apresenta a evolução da classe relacionada a vegetação arbórea, do ano de 1986 até 2000 ela sofre um grande desmatamento, tendo uma queda de 14,61% de sua área total. Porém, entre os anos de 2000 a 2015, houve um considerável aumento da classe, com cerca de 9,30%.

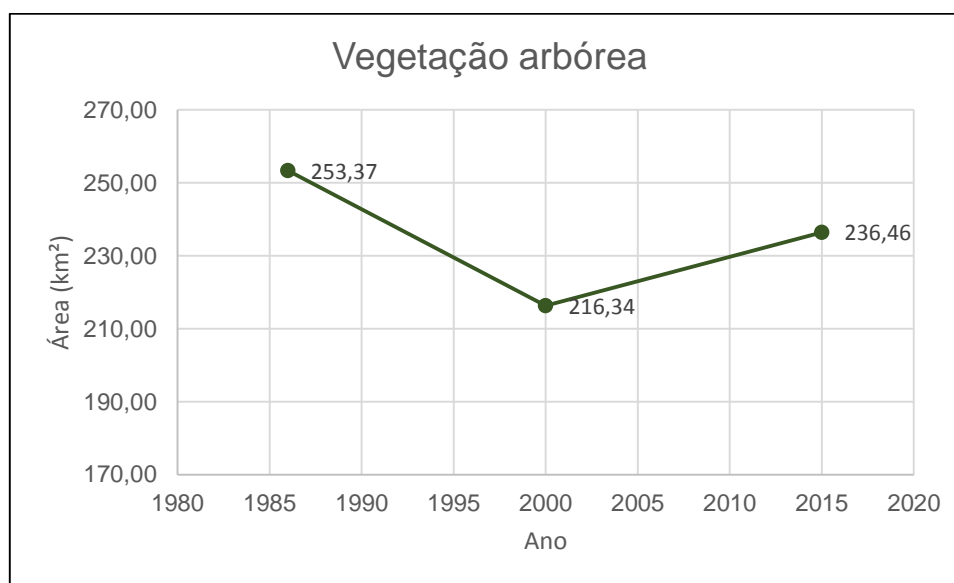


Figura 10 - Evolução da classe Vegetação arbórea

Acredita-se que um dos motivos desse aumento esteja relacionado ao fato de terem sido criadas leis ambientais mais rigorosas combinada com uma maior fiscalização da área no decorrer desses anos. Outro fator importante também, é uma maior conscientização das pessoas, a preservação do meio ambiente tem sido um assunto bastante comentado nos últimos anos por todos os meios de comunicação.

Um exemplo é a unidade de conservação que foi criada em 16 de agosto de 1994 pela Lei Estadual nº 8.873, o Parque Estadual Campina do Encantado possui uma área de 32 km² (Governo do Estado de São Paulo), aproximadamente. Ele se encontra à Noroeste do município, como pode-se notar a grande área de vegetação arbórea naquela região.

Segundo estudos realizados pela Fundação SOS Mata Atlântica juntamente com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o desmatamento médio anual da mata atlântica entre os anos de 1985 a 2000 foi de aproximadamente 1000

km², desde então esses números começaram a cair drasticamente, conforme também foi observado nas estatísticas do município, chegando a ter uma média de apenas 182 km² entre os anos de 2013 a 2014 (Figura 11).

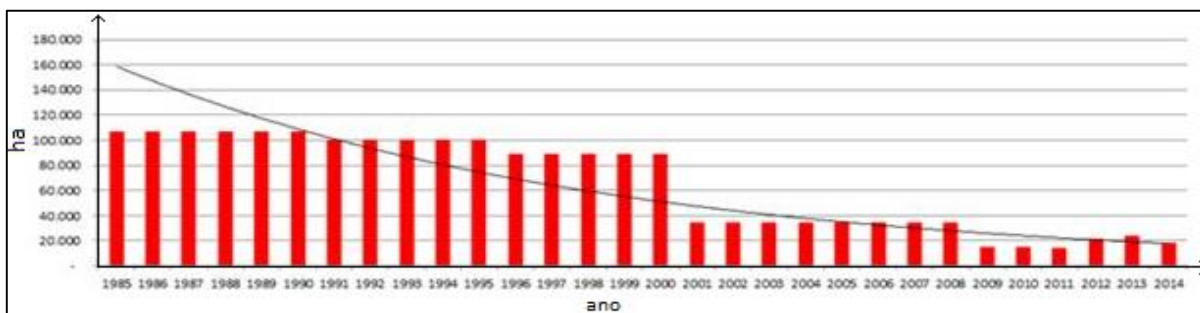


Figura 11 - Taxa de desflorestamento anual da Mata Atlântica
Fonte: SOS Mata atlântica/INPE (2015)

No município, ainda entre os anos de 1986 a 2000, as áreas de solo exposto tiveram um alto crescimento no município, aproximadamente 52,21% (Figura 12). Desde então até 2015, houve uma queda de 33,37%. É importante lembrar que a configuração de solo exposto é geralmente momentânea, acontecendo em períodos de entressafra ou de preparo do solo para o cultivo, o que pode explicar as alterações nessas áreas. Porém, necessita-se fazer um estudo mais aprofundado relacionado aos tipos de cultivos do município com suas respectivas entressafras, para confirmar tal suposição. Através dos mapas, notou-se também que as áreas com estradas no município foram classificadas como solo exposto.

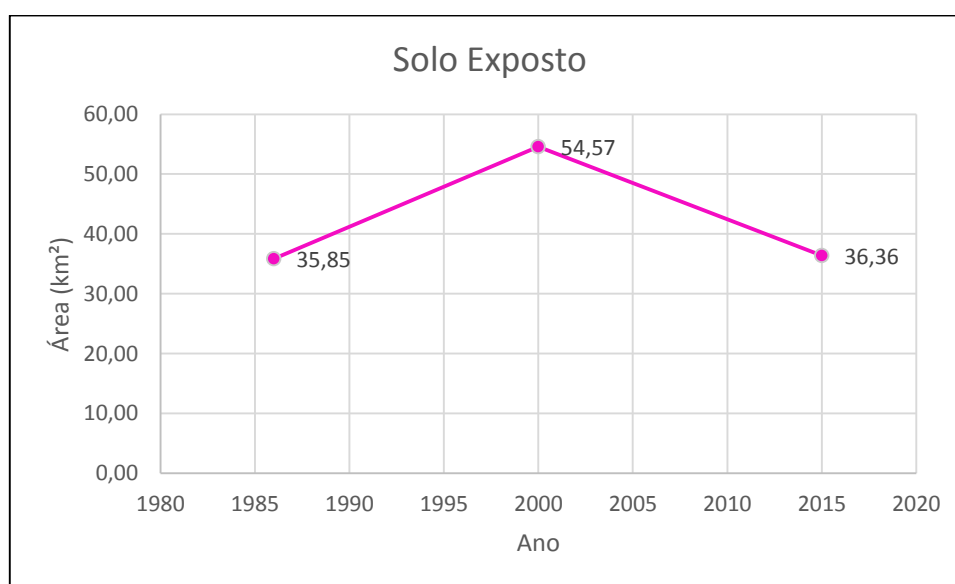


Figura 12 - Evolução da classe Solo exposto

Outro acontecimento importante é a baixa da agricultura no município, após diminuir 17,80% entre os anos de 1986 a 2000, a classe sofreu outra queda significativa entre os anos de 2000 a 2015, o que representou uma perda de mais 32,86% (Figura 13).

Segundo dados do Instituto de Economia Agrícola (2015), um dos poucos cultivos que ainda vem crescendo no município é o da banana, diversos outros ramos da agricultura vêm tendo um decréscimo. Um exemplo disso é o da produção de chá no município, entre os anos de 2000 e 2015 a produção de chá no município teve um declínio de 88% (6,6 km²). Segundo relatos de moradores, as fábricas de industrialização do chá que existiam na região foram se extinguindo aos poucos, restando apenas uma, atualmente no município vizinho (Registro). Hoje em dia, a base da agricultura em Pariquera-Açu é a banana, mexerica, planta ornamental, e pequenas atividades agrícolas diversificadas tais como mandioca e verduras, e ainda o chá com pouca produção.

Cogitando que todo o solo exposto classificado fosse apenas uma parte momentânea da agricultura, esta classe ainda se encontraria em declínio. O que em 1986 representaria então cerca de 75,91 km² (21,13%) de todo o limite municipal, no ano de 2015 seria de aproximadamente 58,46 km² (16,27%).

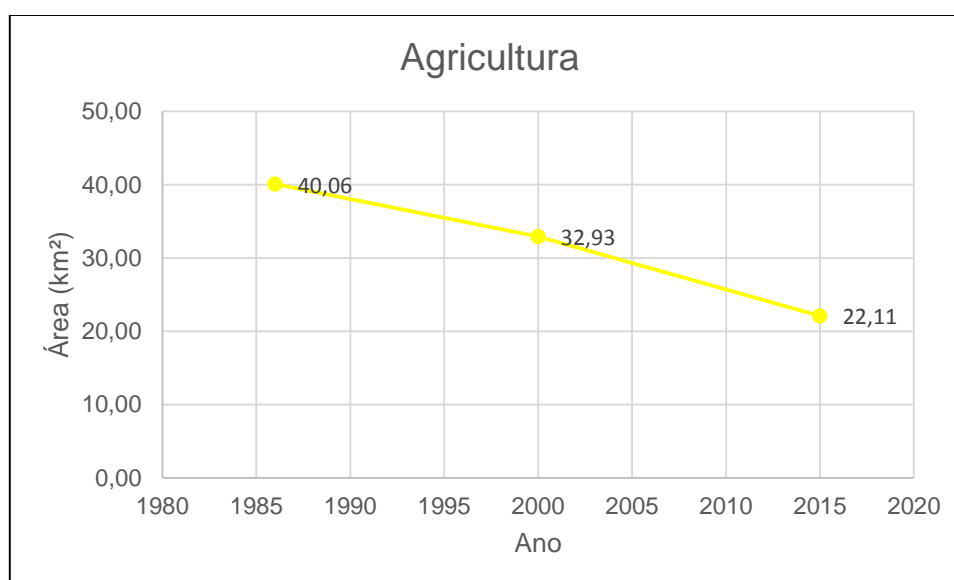


Figura 13 - Evolução da classe Agricultura

A classe de vegetação rasteira apresentou um crescimento linear, entre 1986 a 2000 ela praticamente duplicou sua área, tendo um crescimento de 96,61%.

De 2000 a 2015 essa classe continuou aumentando, representando 17,19% (57,72 km²) da área total de Pariquera-Açu (Figura 14). Esse aumento de sua área ocorreu principalmente em áreas que antes eram denominadas como vegetação arbórea. Entende-se que a causa desse aumento se dá pelo alto cultivo de braquiárias no município, que quando são bem manejadas, são responsáveis pela cria, recria e engorda de bovinos de forma sustentável. Segundo o Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária (LUPA), em 2007/08 somente as braquiárias ocupavam 46,59 km² da área total do município.

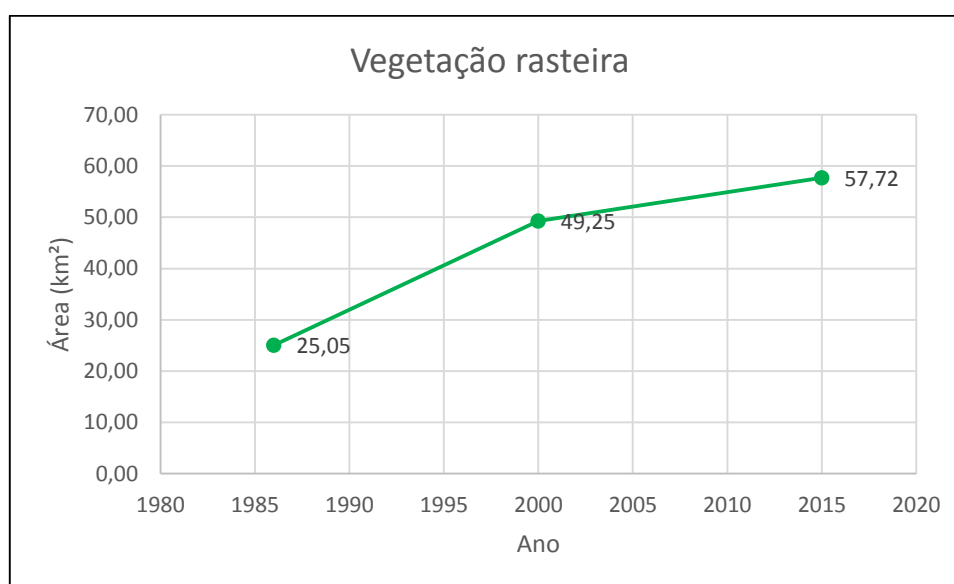


Figura 14 - Evolução da classe Vegetação rasteira

Com relação a área urbana, o município apresentou um crescimento considerável entre 1986 a 2000 de 37,25%. Em 2015 esta classe se manteve praticamente estável, tendo um pequeno acréscimo de 4,38% (Figura 15). A primeira contagem de população feita no município pelo IBGE foi em 1991, contabilizando 13.164 pessoas. Com um crescimento de 32,1%, a população no ano de 2015 é estimada em 19.391. De 2000 até 2010 teve um crescimento de apenas 4,3%, justificando esse baixo crescimento de área urbana nesses últimos 15 anos.

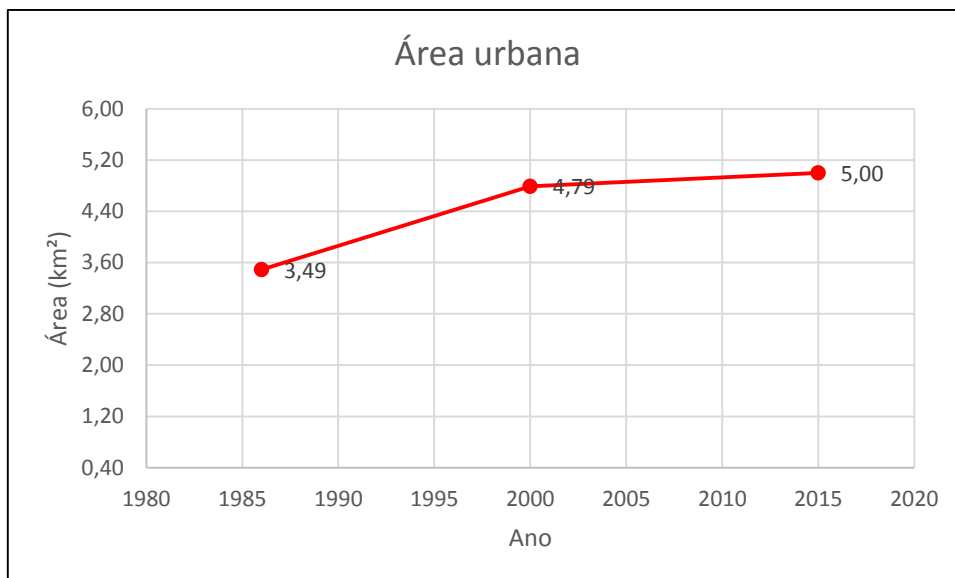


Figura 15 - Evolução da classe Área urbana

A classe denominada corpos d'água teve uma variação bem baixa no decorrer dos quase 30 anos. Entre os anos de 1986 a 2000, ela teve um decréscimo de 4,08%. A partir do ano de 2000 até 2015 sua área total aumentou em 16,31% (Figura 16). Acredita-se que as pequenas mudanças ocorridas nesses anos foram por processos naturais.

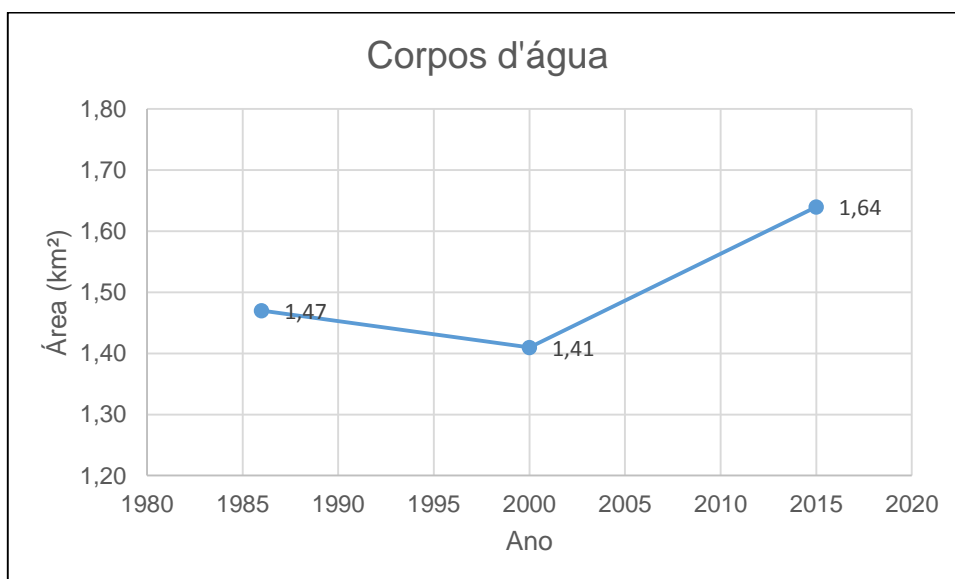


Figura 16 - Evolução da classe Corpos d'água

Esses resultados estão de acordo com Amaral (2010) e Dalmas (2013) que analisaram a evolução do uso do solo da área compreendida na Folha "Pariquera-Açu) entre 1988 e 2008 e da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos-11

entre os anos de 1896, 1999 e 2010, respectivamente. Relatando que as áreas mais representativas da região são: vegetação arbórea, vegetação rasteira e solo exposto.

Os resultados apresentados até aqui, foram validados através da matriz de confusão (Tabela 6, 7 e 8). Neste procedimento foi possível analisar a acurácia geral dos mapas temáticos gerados e também quais classes obtiveram maiores conflitos.

Tabela 6 - Matriz de confusão da classificação do ano de 1986

	Veg. arbórea	Corpos d'água	Solo exposto	Veg. Rasteira	Agricultura	Total
Veg. arbórea	1792	0	1	1	0	1794
Corpos d'água	0	120	0	1	0	121
Solo exposto	4	4	233	6	0	247
Veg. Rasteira	0	0	4	139	87	230
Agricultura	0	0	0	141	122	263
Total	1796	124	238	288	209	2655

Tabela 7 - Matriz de confusão da classificação do ano de 2000

	Veg. arbórea	Corpos d'água	Solo exposto	Veg. Rasteira	Agricultura	Total
Veg. arbórea	1988	0	0	0	21	2009
Corpos d'água	0	52	0	0	0	52
Solo exposto	0	32	162	1	10	205
Veg. Rasteira	0	7	14	374	23	418
Agricultura	3	0	0	48	197	248
Total	1991	91	176	423	251	2932

Tabela 8 - Matriz de confusão da classificação do ano de 2015

	Veg. arbórea	Corpos d'água	Solo exposto	Veg. Rasteira	Agricultura	Total
Veg. arbórea	2209	12	0	0	23	2244
Corpos d'água	0	52	2	0	0	54
Solo exposto	35	0	62	9	4	110
Veg. Rasteira	0	0	91	236	4	331
Agricultura	23	0	0	3	266	292
Total	2267	64	155	248	297	3031

Nas tabelas, a diagonal principal em destaque são os pares de observações concordantes, portanto, pode-se definir que a classificação do ano de 1986 teve uma acurácia geral (Po) de 90,6%, a do ano de 2000 foi de 89,2% e de 2015, 84,0%. Diante disso nota-se que no ano de 1986, o maior conflito ocorrido foi entre as classes de vegetação rasteira e agricultura, e a que apresentou uma melhor concordância foi a classe de vegetação arbórea. No ano de 2000, a agricultura

gerou confusão com os dois tipos de vegetação, houveram conflitos também entre os corpos d'água e solo exposto e novamente a vegetação arbórea teve uma melhor concordância. Já em 2015, o maior conflito foi entre as classes de vegetação rasteira e solo exposto, e seguindo as anteriores, a vegetação arbórea foi a que gerou uma menor discordância.

Apesar da acurácia geral ser um importante meio para validar um resultado final, entende-se que parte desse percentual de concordância podem ser casuais, ou seja, as escolhas das amostras feitas pelo observador e a de forma aleatória podem ter sido um “acaso” e não propriamente uma concordância. Devido a isso, fez-se necessário calcular o índice de Kappa, que implica em subtrair essa interferência no percentual geral. Considerando a matriz de confusão e que a classificação feita pelo observador (horizontal) e a aleatória (vertical) são independentes, a probabilidade de ambos classificarem igualmente um mesmo pixel é dada pelo produto das probabilidades individuais de A e B (P_c). Seguindo a fórmula definida na metodologia, têm-se os seguintes resultados:

Para o ano de 1986:

$$\text{Kappa} = \frac{(90,62 - 45,7)}{(1 - 0,457)}$$

$$\text{Kappa} = 82,7\%$$

Para o ano de 2000:

$$\text{Kappa} = \frac{(89,2 - 48,5)}{(1 - 0,485)}$$

$$\text{Kappa} = 79,01\%$$

Para o ano de 2015:

$$\text{Kappa} = \frac{(84,0 - 57,4)}{(1 - 0,574)}$$

$$\text{Kappa} = 67,2\%$$

Por fim, os resultados mostraram que as três classificações foram apontadas como desempenho excelente ou muito bom (Tabela 9):

Tabela 9 - Desempenho do classificador MAXVER no índice Kappa

Imagem	Desempenho no índice Kappa
1986	82,7% (Excelente)
2000	79,01% (Muito bom)
2015	67,2% (Muito bom)

Pode-se notar que a classificação do ano de 1986 obteve uma maior acurácia, com um índice Kappa de 82,7%. Em segundo foi a do ano de 2000, tendo um índice de 79,01%, seguida pela classificação de 2015 com um desempenho de 67,2% no índice.

Apesar de terem sido considerados os resultados como excelente e muito bom, as respostas espectrais principalmente do solo exposto, agricultura e vegetação rasteira por vezes se assemelharam bastante. Isso gerou ambiguidade ao fazer a coleta das amostras, e conseqüentemente refletindo no índice Kappa. Outro fator que fez o índice de 2015 ficar abaixo dos demais, é que grande parte dos pixels fazem parte de uma só classe (vegetação arbórea), isso fez com que as concordâncias ocorridas “por acaso” obtivessem uma alta porcentagem. Porém, como foi possível analisar, não comprometeu o resultado final.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas utilizadas mostraram-se eficientes para a análise espacial multitemporal do uso e cobertura do solo. Por meio da utilização de imagens dos satélites da série Landsat, foi possível analisar as principais alterações ocorridas no período de vinte e nove anos com relação a vegetação arbórea, corpos d'água, solo exposto, vegetação rasteira, agricultura e área urbana, bem como a quantificação dessas classes para os anos de interesse no município de Pariquera-Açu.

O uso do software QGis mostrou-se satisfatório para o desenvolvimento desta pesquisa, através dele foi possível fazer a manipulação, o cruzamento e a quantificação de dados espaciais necessários para atingir os objetivos propostos. Portanto, destaca-se a importância do uso do SIG no planejamento e ordenamento territorial, tendo um grande controle e monitoramento de áreas antrópicas em um determinado local.

A classificação supervisionada por MAXVER se mostrou eficiente para as análises multitemporais do uso e cobertura do solo. Os resultados finais apontaram mudanças significativas no decorrer dos anos, tendo um maior destaque para a diminuição da área utilizada à agricultura e o aumento da área ocupada pela vegetação rasteira.

Embora os resultados tenham apontados para uma recuperação parcial da área verde nos últimos quinze anos, os resultados salientam a importância de uma melhor gestão e controle dos recursos naturais da área, possibilitando a recuperação das áreas degradadas e a conservação da cobertura vegetal, buscando soluções viáveis para um melhor manejo do solo no município.

Vale ressaltar que para se ter uma maior confiabilidade e refinamento dos resultados, sugere-se obter um número maior de amostras na etapa de coleta e mais visitas a campo, tendo por objetivo melhorar a validação da classificação supervisionada.

REFERÊNCIAS

AGRÍCOLA, Instituto de Economia. **ESTATÍSTICAS DA PRODUÇÃO PAULISTA**. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1>. Acesso em: 25 maio 2016.

AMARAL, C. H. **Evolução do uso do solo e a suscetibilidade natural à erosão das áreas de preservação permanente da folha “Pariquera-Açu” (1:50.000, SG.23-V-A-IV-1), Vale do Ribeira, SP**. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 2010.

ARONOFF, S. **Geographical Information Systems: A Management Perspective**. Ottawa, WDI Publications, 1989.

BEN-DOR, E. Quantitative remote sensing of soil properties. **Advances in Agronomy**. v.75, p 173-243, 2002.

BARBOSA, M. P.; MORAES NETO, J. M. de; FERNANDES, M. F.; SILVA, M. J. da. **Estudo da degradação das terras: 4363. Município de Picos**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO 81 DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. p. 4357.

BOLFE, E.L. **Geoprocessamento aplicado à análise de recursos florestais estudo de caso: folha SH. 22-Y-A /DSG**. 2001. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Santa Maria. Santa Maria, RS, 2001.

BORMANN, B.T.; BROOKES, M.H.; FORD, E.D. **A framework for sustainable ecosystem management**. Portland: Department of Agriculture, Pacific Northwest Research Station, 1994. 61 p. (General technical report- PNW – GTR – 331).

BRASIL, **Lei nº 9433 de 8 de janeiro de 1997**. Presidência da República. Casa Civil. Brasília, DF, 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 10 jun. 2015

BUZAI, Gustavo D. **La exploración geodigital**. Buenos Aires: Lugar Editora S.a., 2000. 179 p.

CÂMARA, Gilberto. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2005.

CAMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. In: VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, São José dos Campos - SP. 1996, INPE. Instituto de Pesquisas espaciais.

COLGATON, R. G. **A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data**. Remote Sensing of Environment, v. 49, n. 12, p. 1671-1678, 1991.

COSTA, T. da; LANÇA, R. Capítulo I. **Hidrologia de Superfície**. Escola Superior de Tecnologia. Área de Engenharia Civil, Núcleo de Hidráulica e Ambiente. Universidade do Algarve. Faro, Portugal, 2001.

CROSTA, Álvaro Penteado - **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Ed. Rev. -Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1993.

CROSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. IG/UNICAMP, 1992. 170p.

DAINESE, R. C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação não-supervisionada e análise visual**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2001.

DATA, Climate. **CLIMA: PARIQUERA-AÇU**. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/32637/>>. Acesso em: 18 maio 2016.

DAVIS, Clodoveu ; OLIVEIRA, P. A.. **SIG Interoperável e distribuído para administrações municipais de grande porte**. Belo Horizonte, v. 4, n.1, 121- 141 p., 2002.

DISPERATI, Attilio Antonio; OLIVEIRA FILHO, Paulo. Costa.; BOBROWSKI, Rogério.; DLUGOSZ, Fernando L.. Análise temporal da cobertura florestal do município de Irati - PR, utilizando imagens satelitárias LANDSAT. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 5, nº 1, jan/jun 2003. 115 a 123 p.

DPI–INPE. **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**.

Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>>. Acesso em: 13 jun. 2015

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013.
Disponível em: < <http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em : 18 Fev 2016

ESTES, J.E.; MAGUIRE, D.J.; FLETCHER, G.A.; FORESMAN, T.W. **Coordinating hazardous waste management activities using geographical information systems**. International Journal of Geographical Information Systems, 1987

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo - SP: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo – SP. 3. ed. Oficina de Textos, 2011. 128p.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ G. A. **Hidrologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2. ed., 1988. 291p.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **PARQUE ESTADUAL DA CAMPINA DO ENCANTADO**. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/parque-campina-do-encantado>>. Acesso em: 03 abr. 2016.

IBGE. **Informações Estatísticas**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=353620>>. Acesso em: 17 mar. 2016

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **SPRING: Tutorial de Geoprocessamento**. 2006. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

Landis, J.; Koch, G. G. **The measurements of observer agreement for categorical data**. *Biometrics*, v. 33, n. 1, p. 159-174, Mar 1977

LUPA – Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo. **Dados consolidados municipais**. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/dadosmunicipais.php#p>>. Acesso em: 10 maio 2016

MATHER, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. 3 ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2004. 324 p.

MAZZOCATO, M. E. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento urbano da bacia do rio Uma: município de São Sebastião, SP**. 197f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1998.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**.

Disponível em: <<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 15 abr. 2016

MOREIRA, Maurício Alves. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. 4. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa-MG, 2011. 422 p.

NOVO, Evlyn M. L.; PONZONI, Flávio Jorge. **Introdução ao sensoriamento remoto**. São José dos Campos, 2001. Disponível em: <http://www.researchgate.net/profile/Evlyn_Novo/publication/264870631_INTRODUO_AO_SENSORIAMENTO_REMOTO/links/5458cae90cf26d5090acf1b1.pdf>. Acesso em: 26 maio 2015

NOVO, Evlyn M. L. **Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações**. ed. Edgard Blücher Ltda: São Paulo - SP, 1989.

POLIDORO, M.; BARROS, M.V.F; LOLLO, J.A; MARCHETTI, M.C. **Análise Multitemporal da Evolução da Mancha Urbana no Entorno da BR-369 dos Municípios Paranaenses. Anais XVI Encontro Nacional dos Geógrafos**. Porto Alegre, Brasil, 25-31 julho 2010. AGB, p.1-10

QUEIROZ, Gilberto Ribeiro; FERREIRA, Karine Reis. **Tutorial sobre Bancos de Dados Geográficos**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006.

PARIQUERA-AÇU, Prefeitura Municipal de. **PROGRAMA DE FORTALECIMENTO DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO DO SETOR DE SANEAMENTO: PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO**, 2010. Disponível em: <http://www.saneamento.sp.gov.br/PMS/UGRH11/PMS_PARIQUERAACU.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2016.

RICHARDS, J. A. **Remote Sensing Digital Image Analysis. An introduction.** Berlin, Springer-Verlag, 1986, 281p.

RODRIGUEZ, A. C. M. **Mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo do Município de São Sebastião - SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens e HRVSPOT..** São José dos Campos: INPE, 2000. 85 p. (INPE-7510-PUD/39). Disponível em: <<http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.23.08.27/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2015.

ROCHA, J. S. M.- **Manual de Manejo Integrado de Bacia Hidrográfica.** Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1991.

ROSA, R. e BRITO, J.L.S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica.** Uberlândia, Ed. Da Universidade Federal de Uberlândia, 1996.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** Ed. da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia: 136p.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na Geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia, Uberlândia**, v.16, p. 81-90

ROSENFELD, G. H.; FITZPATRICK-LINS, K. A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.52, n.2, p.223-227, Fev. 1986.

SILVEIRA, G.R.P.da; CAMPOS, S.; PISSARRA, T.C.T.; RODRIGUES, F. M.; GARCIA, Y.M.; CAMPOS, M. de; FELIPE, A.C.; SILVA; C.O.; POLONIO, V.D.; PARIZOTO, N.M.S.F. **Geoprocessamento Aplicado na espacialização da Capacidade de 62 Uso do Solo para fins de Planejamento Conservacionista da Microbacia do Córrego São Caetano-Botucatu (SP).** XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013. Anais... SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE.p.4367-4374. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0828.pdf>>. Acesso em 09 jun. 2015.

SOLOMON, Chris. **Fundamentos de procedimento digital de imagens.** Rio de Janeiro: Grupo Editora Nacional, 2013. 289 p.

SOS MATA ATLÂNTICA, Fundação; INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **ATLAS DOS REMANESCENTES FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA PERÍODO 2013-2014.** São Paulo: Arcplan, 2015.

Disponível em: <https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2015/06/atlas_2013-2014_Mata_Atlantica_relatorio_tecnico_2015.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2016.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. **Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentável das atividades rurais**. Informe agropecuário. Belo Horizonte. v.21, n. 207, p. 15-20, nov./dez. 2000.

SOUZA, A. C. M.; SILVA, M. R.F. da; DIAS, N.S. **Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN)**. Revista Irriga, Edição Especial. Faculdade de Ciências Agrônomicas/FCA.UNESP. Botucatu-SP. p. 280 - 296, 2012.

TEIXEIRA, Amandio Luís de Almeida; MORETI, Edmar; CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Introdução aos sistemas de informação geográfica**. Rio Claro: Edição do autor, 1992

TONELI, C. A. Z.; CARVALHO, L. M. T.; ARCEBI JUNIOR, F. W. **Utilização das imagens Landsat TM nas épocas de verão e inverno para classificação de diferentes formações vegetais**. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal - RN, 25-30 abril 2009.

TORNERO, M. T. **Análise ambiental através de sistema de informações geográficas (SIG), como subsídio ao planejamento no município de Maringá - PR**. Botucatu, 2000. 184p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

UNITED STATES GEOLOGICAL (USGS). **EarthExplorer**. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov>> Acesso em: 8 abril 2016.

UNITED STATES GEOLOGICAL (USGS). **Frequently Asked Questions about the Landsat Missions**. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/L8_band_combos.php> Acesso em: 7 abril 2016.

UNITED STATES GEOLOGICAL (USGS). **Landsat Project Description**. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php> Acesso em: 31 maio 2015.

VALENTE, A. L. S. **Uma metodologia para determinação de áreas de risco através de geoprocessamento e sensoriamento remoto**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., Salvador, 14-19 abr. 1996, Anais. São Paulo, ImageMultimídia, 1996.

VASCONCELOS, B. R. et. al. 2007. **Uso do sensor CCD/Cbers-2 no mapeamento de áreas de agropecuária na bacia hidrográfica do rio Miranda/MS.** III Simpósio Internacional de Geografia Agrária. Anais – ISSN 19804563.

VILLELA, S. M., MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** McGraw-Hill do Brasil. São Paulo. 1978.