

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

GUILHERME CRAVETZ ASSUMPÇÃO MARQUES

UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA LIVRES PARA A
ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO DO SOLO NO ENTORNO DA FLORESTA
NACIONAL DO ASSUNGUI

CURITIBA
2016

GUILHERME CRAVETZ ASSUMPÇÃO MARQUES

UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA LIVRES PARA A
ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO DO SOLO NO ENTORNO DA FLORESTA
NACIONAL DO ASSUNGUI

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao curso de Engenharia Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof.^a Dra. Silvana Philippi Camboim.

CURITIBA

2016



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

TERMO DE APROVAÇÃO DE PROJETO FINAL

GUILHERME CRAVETZ ASSUMPÇÃO MARQUES

UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA LIVRES PARA A ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO DO SOLO NO ENTORNO DA FLORESTA NACIONAL DO ASSUNGUI

Projeto Final de Curso, aprovado como requisito parcial para a obtenção do Diploma de Bacharel em Engenharia Ambiental no Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, com nota 9,5, pela seguinte banca examinadora:

- Orientador(a): S. Camboum
Nome do(a) Professor(a) Orientador(a) SILVANA PHILIPPI CAMBOIM
Departamento / Instituição do(a) Orientador(a) DEPARTAMENTO DE GEOMÁTICA UFRP
- Co-orientador(a): _____
Nome do(a) Professor(a) Co-orientador(a)
Departamento / Instituição do(a) Co-orientador(a)
- Membro(a) 1: [Assinatura]
Nome do(a) Membro(a) Examinador 1 EDUARDO FELGA GOBBI
Departamento / Instituição do(a) Membro(a) 1 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL / UFRP
- Membro(a) 2: [Assinatura]
Nome do(a) Membro(a) Examinador 2 HIDEO ARAKI
Departamento / Instituição do(a) Membro(a) 2 DEPARTAMENTO DE GEOMÁTICA / UFRP
- Membro(a) 3: _____
Nome do(a) Membro(a) Examinador 3
Departamento / Instituição do(a) Membro(a) 3

Curitiba, 07 de julho de 2016

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho a todos que tiveram a paciência para acompanhar e ajudar em tudo.

À minha orientadora, Professora Silvana P. Camboim e sua paciência e dedicação.

À grande ajuda do Professor Hideo Araki.

À minha família, namorada e amigos.

RESUMO

A Mata Atlântica foi decretada Reserva da Biosfera pela UNESCO e Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988. Devido a exploração, atualmente, restam apenas 12,5% da mata original, considerando floresta nativa acima de 3 hectares (RBMA, 2015). É preciso preservar os remanescentes e explorar de forma sustentável, e isso pode ser estudado através da utilização de Sistemas de Informação Geográfica, permitindo estudos das regiões em foco com o fácil compartilhamento de dados. Apesar disso, ainda existe um inconveniente: o custo da utilização de software que trabalham com as informações geográficas. Dessa forma, o presente trabalho tem o objetivo de obter a classificação supervisionada, utilizando somente *software* livre, de imagens de satélite *RapidEye* disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente de diferentes datas da região de estudo: O entorno da Floresta Nacional do Assungui, localizado no município de Campo Largo, a aproximadamente 69 Km de Curitiba, uma Unidade de Conservação gerida pelo ICMBIO e que possui remanescentes florestais da Mata Atlântica. Esta classificação foi feita para cada uma das imagens utilizando o *software* livre *Multispec*, com o algoritmo da máxima verossimilhança, com um resultado avaliado pelo índice *Kappa* na categoria excelente. Com estas classificações, foi feita uma sobreposição das camadas usando álgebra de mapas no *software* livre QGIS a fim de gerar um mapa com a análise multitemporal da região. Este trabalho pode ser utilizado para colaborar com a gestão da FLONA e seu entorno, assim como base para trabalhos em outras regiões, uma vez que esta cobertura de imagens de satélite está disponível para todo o país. Com o propósito de mostrar a possibilidade de publicação destes dados em uma IDE com *software* QGIS, o mapa da classificação supervisionada da imagem da região sul da área de estudo do ano de 2014 foi disponibilizado digitalmente via a plataforma QGIS *Cloud*.

Palavras-Chave: Infraestrutura de Dados Espaciais. Unidades de Conservação. Classificação Supervisionada. Imagem *RapidEye*. Análise Multitemporal. Máxima Verossimilhança.

ABSTRACT

The Atlantic Forest was declared a Biosphere Reserve by UNESCO and a National Patrimony by the Constitution of 1988. Due to exploration currently remain only 12.5% of the original forest, considering native forest above 3 hectares (RBMA, 2015). It is necessary to preserve the remains and to make the sustainable usage. This can be studied using Geographic Information Systems, allowing studies of the regions in focus with easy data sharing. Nevertheless, there is an inconvenience: the cost of using software that work with geographic information. Thus, this study aims to get the supervised classification, using only free software of the RapidEye satellite images provided by the Ministry of Environment of different dates of the study area: The surroundings of the National Assungui Forest, located in the municipality Campo Largo, about 69 km from Curitiba, a Conservation Unit managed by ICMBIO and has forest remnants of the Atlantic forest. This classification was made for each of the images using the free software Multispec with the maximum likelihood algorithm, with a score assessed by the Kappa index in the excellent category. With these ratings, it was made an overlapping layers using map algebra in the free software QGIS in order to generate a map with multi-temporal analysis of the region. This work can be used to collaborate with the management of the National Forest and its surroundings, as well as the basis for work in other regions, since this satellite imagery coverage is available for the entire country. In order to show the possibility of publishing the data in an IDE with QGIS software, supervised classification of the image map of the south region of the study area, year 2014, was digitally available via the QGIS Cloud platform.

Keyword: Spatial Data Infrastructure. Conservation Units. Supervised Classification. RapidEye Images. Multi-temporal analysis. Maximum likelihood.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA FLONA DO ASSUNGUI E PARTE DO SEU ENTORNO.	19
FIGURA 2 – ARQUITETURAS BÁSICAS PARA A INTEROPERABILIDADE.....	25
FIGURA 3 - RELAÇÕES ENTRE COMPONENTES DE UMA IDE.	27
FIGURA 4 - HIERARQUIA DAS IDE'S.....	28
FIGURA 5 - METADADOS GEOESPACIAIS EM UM MAPA IMPRESSO.	31
FIGURA 6 - BENEFÍCIOS DAS IDE'S.....	32
FIGURA 7 - GEOPORTAL DA IDEA-SP.....	35
FIGURA 8 - IMAGEM NUMÉRICA ORIUNDA DA COMPOSIÇÃO COLORICA EM FALSA-COR (A) E IMAGEM CLASSIFICADA (B).....	38
FIGURA 9 - EXEMPLO DE MATRIZ DE ERRO.....	40
FIGURA 10 - IMAGEM DA REGIÃO SUL DA FLONA E SEU ENTORNO, FORNECIDA PELO ICMBIO, 20/05/2011.	43
FIGURA 11 - IMAGEM DA REGIÃO NORTE DA FLONA E SEU ENTORNO, FORNECIDA PELO ICMBIO, 20/10/2011.	44
FIGURA 12 - WEBSITE DO GEO CATÁLOGO.	45
FIGURA 13 - LOGIN NO QGIS CLOUD.....	48
FIGURA 14 - DIFERENÇAS NO SISTEMA DE TRANSPORTE UTILIZANDO O GOOGLE SATELLITE.....	50
FIGURA 15 - MAPA DE EXEMPLO DE REGIÃO DA FLONA PARA A HIDROGRAFIA E ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE.....	51
FIGURA 16 – ÁLGEBRA DE MAPAS E EXEMPLO PARA A ANÁLISE MULTITEMPORAL.....	53
FIGURA 17 – EXEMPLO DE ANÁLISE MULTITEMPORAL.....	54
FIGURA 18 – RUÍDO NA IMAGEM SUL DE 2011 – BANDAS 1 E 2.....	55
FIGURA 19 – PRESENÇA DE SOMBRA EM 2011 (MAIO) E AUSÊNCIA EM 2013 (DEZEMBRO).....	56
FIGURA 20 – ERRO DE CLASSIFICAÇÃO DEVIDO À GRANDE VARIAÇÃO DE RESPOSTA ESPECTRAL.....	57
FIGURA 21 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> PARA AMOSTRAS DE TESTE DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2011.	58
FIGURA 22 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> PARA AMOSTRAS DE TESTE DA CLASSIFICAÇÃO SUL, 2011.....	58
FIGURA 23 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2011.	59
FIGURA 24 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO SUL, 2011.....	59
FIGURA 25 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2012.	60

FIGURA 26 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> DA CLASSIFICAÇÃO SUL, 2012.	61
FIGURA 27 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2012.	61
FIGURA 28 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO SUL, 2012.	62
FIGURA 29 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2013.	63
FIGURA 30 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> DA CLASSIFICAÇÃO SUL, 2013.	63
FIGURA 31 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2013.	64
FIGURA 32 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2013.	64
FIGURA 33 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2014.	65
FIGURA 34 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> DA CLASSIFICAÇÃO SUL, 2014.	66
FIGURA 35 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2014.	66
FIGURA 36 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE <i>KAPPA</i> PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2014.	67
FIGURA 37 – REGIÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA COM NUVEM NA IMAGEM DE 2013.	69
FIGURA 38 – REGIÃO CALCULADA COMO ERRO (CINZA) DEVIDO À PRESENÇA DE NUVEM NA IMAGEM DE 2013.	70
FIGURA 39 – VEGETAÇÃO NATIVA CALCULADA COM O ERRO DA NUVEM DA IMAGEM DE 2014.	71
FIGURA 40 – REGIÃO ONDE HOUVE REMOÇÃO DE MATA NATIVA (VERMELHO).	71
FIGURA 41 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DE 2014 SUL PUBLICADA COM A PLATAFORMA QGIS CLOUD MOSTRADA PELO NAVEGADOR.	73

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS GERAIS DOS SATÉLITES DO SISTEMA RAPIDEYE.	37
TABELA 2 – ÍNDICE <i>KAPPA</i> E CORRENPODENTE DESEMPENHO.	41
TABELA 3 – IMAGENS <i>RAPIDEYE</i> E SUAS DATAS.	45
TABELA 4 – DISTRIBUIÇÃO DE CLASSES POR ÁREA.	57
TABELA 5 – ÁREAS POR CLASSE DA ANÁLISE MULTITEMPORAL DA REGIÃO NORTE.	72
TABELA 6 – ÁREAS POR CLASSE DA ANÁLISE MULTITEMPORAL DA REGIÃO SUL.	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente
BDGEx – Banco de Dados Geográficos do Exército
CINDE – Comitê para Planejamento da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia
DBDG – Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais
FLONA – Floresta Nacional
FOM – Floresta Ombrófila Mista
GNU – *General Public License*
IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
ICMBIO – Instituto Chico Mendes da Conservação da Biodiversidade
IDE – Infraestrutura de Dados Espaciais
IFN – Inventário Florestal Nacional
IG – Informação geoespacial
INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
MDE – Modelo Digital de Elevação
MMA – Ministério do Meio Ambiente
OGC – *Open Geospatial Consortium*
OSGeo – *Open Source Geospatial Foundation*
PRA – Programa de Regularização Ambiental
REM – Radiação eletromagnética
RMC – Região Metropolitana de Curitiba
SCP – *Semi-Automatic Classification Plugin*
SFB – Serviço Florestal Brasileiro
SIG – Sistema de Informação Geográfica
SMA – Secretaria do Meio Ambiente
SNUC – Sistema Nacional de Conservação da Natureza
TI – Tecnologia da Informação
UC – Unidade de Conservação
UNECE – *United Nations Economic Commission for Europe*

SUMÁRIO

RESUMO.....	3
ABSTRACT	5
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	7
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	11
SUMÁRIO.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. OBJETIVO GERAL	18
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	19
2.1.1. Localização.....	19
2.1.2. Características da Região	20
2.1.3. Vegetação e Vida Animal	20
2.1.4. Estrutura Geológica, Solo, Relevo e Hidrologia.....	22
2.2. INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS	23
2.2.1. Interoperabilidade e Harmonização de Dados.....	25
2.2.2. Arquitetura de uma IDE	26
2.2.3. Dados e Metadados Geoespaciais	29
2.2.4. Os Dados e sua Infraestrutura no Brasil.....	32
2.2.5. IDE's em Unidades de Conservação	33
2.2.6. Estudo de Caso	34
2.3. SENSORIAMENTO REMOTO	35
2.3.1. RapidEye	36
2.3.2. Classificação Supervisionada	38
2.3.3. Método da Máxima Verossimilhança	39
2.3.4. Avaliação do Classificador.....	40

3. METODOLOGIA	43
3.1. MATERIAIS.....	43
3.1.1. Imagens de Satélite.....	43
3.1.2. Cartas Topográficas.....	46
3.1.3. <i>Software</i> QGIS.....	46
3.1.3.1. QGIS <i>Cloud Plugin</i>	47
3.1.4. <i>Software Multispec</i>	48
3.1.5. Coleta de Dados.....	49
3.2. PROCEDIMENTOS.....	51
3.2.1. Classificação Supervisionada.....	51
3.2.2. Avaliação da Classificação.....	52
3.2.3. Análise Multitemporal.....	53
3.2.4. Publicação em Nuvem.....	54
4. RESULTADOS.....	55
4.1. CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA.....	55
4.1.1. 2011.....	57
4.1.2. 2012.....	60
4.1.3. 2013.....	62
4.1.4. 2014.....	65
4.2. ANÁLISE MULTITEMPORAL.....	67
4.3. PUBLICAÇÃO EM NUVEM.....	73
5. CONCLUSÃO.....	75
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICE A	83
APÊNDICE B	87
APÊNDICE C	105
APÊNDICE D	111

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica está entre as mais importantes florestas tropicais do mundo devido a sua riqueza em termos de diversidade, a situação fragmentada em que se encontra e aos níveis de ameaça a sua preservação. Por estes fatores ela é considerada um dos 33 *hotspots* mundiais, isto é, uma prioridade em questão de conservação da biodiversidade mundial (PINTO et al., 2006). De acordo com a fundação SOS Mata Atlântica (1998), a mata originalmente totalizava uma área de cerca de 1.350.000 Km² do território Brasileiro e se estendia ao longo de mais de 27 graus de latitude, desde o estado do Ceará até o Rio Grande do Sul, se desdobrando também para partes da Argentina e do Paraguai. O bioma da Mata Atlântica engloba os ecossistemas de Floresta Ombrófila Mista (FOM), Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, assim como restingas, manguezais, campos de altitude, ilhas oceânicas e ilhas costeiras¹.

Hoje reduzida a menos de 12,5% de sua extensão primária (RBMA, 2015), um dos principais riscos que afetam a grande diversidade da Mata Atlântica é a fragmentação em que foi submetida. A região abriga cerca de 60% da população brasileira e é responsável por praticamente 70% do PIB nacional (MARTINELLI, 2008), sendo boa parte dessa localidade ocupada pela agricultura, silvicultura, pastos e os maiores polos industriais do Brasil¹. É invariavelmente aceita a realidade de que seus fragmentos ainda guardem aproximadamente 20.000 espécies de plantas, sendo 40% delas endêmicas, ou seja, presentes somente na região. A devastação da mata é um retrato da exploração excessiva de recursos naturais e da ocupação territorial desordenada que vem ocorrendo ao passar dos anos.

Originalmente, o Paraná era formado pelo bioma da Mata Atlântica, ocupando aproximadamente 98% do seu território¹. Ela era principalmente composta pela Floresta Ombrófila Mista ou, como é mais conhecida, a Mata das Araucárias, que já foi o principal produto de exportação do Brasil e também muito explorado até a década de 70 por apresentar um grande valor comercial. Estudos mostram que devido a motivos como esta intensa exploração comercial, a área primitiva da Mata Atlântica

¹ Informação cedida pela chefia da FLONA do Assungui.

no Paraná em estágio primário que restou é de apenas 0,8%, sendo que seus fragmentos dispersos não superam a área de 5000 hectares¹. De acordo com o Serviço Florestal Brasileiro (SFB), para fragmentos acima de 100 hectares, ainda restam 2,43 milhões de hectares de remanescentes florestais. O governo estadual juntamente com o SFB iniciou em 2013 a concepção do Inventário Florestal Nacional (IFN) com o objetivo de identificar os recursos florestais do país, assim como quantificar e qualificar as florestas reconhecidas.

Para uma efetiva preservação da flora e da fauna, o governo brasileiro criou as Unidades de Conservação (UC), instituído pelo Sistema Nacional de Conservação da Natureza (SNUC). As UC podem ser geridas por diferentes órgãos na escala federal, estadual ou municipal, sendo regulamentada a participação da sociedade na gestão das mesmas, o que pode melhorar a relação entre a sociedade e o meio ambiente. Segundo a legislação que configura as UC, uma das categorias da mesma é a Floresta Nacional (FLONA), que é uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivos o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica.

Uma das mais antigas UC do estado do Paraná é a FLONA do Assungui, gerida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO). Além disso, a FLONA é conhecida como um dos maiores remanescentes florestais do vale do Assungui, sendo necessária à sua preservação. A área vigente no entorno da FLONA encontra-se muito fragmentada e possui áreas de agricultura, sendo a cobertura vegetal remanescente composta por 50% de floresta nativa e 50% de plantio de araucária¹.

No contexto da degradação da cobertura vegetal e do manejo inadequado de recursos naturais, Gomes et al. (2011) diz que a análise destas e dos seus níveis de degradação fornece ferramentas para o desenvolvimento de políticas públicas de proteção. O equilíbrio ambiental é necessário para a preservação da cobertura vegetal, portanto, modificações na vegetação podem acelerar processos de erosão e até aumento da temperatura local. Assim, a análise da cobertura do solo com a classificação supervisionada e também de sua vegetação em datas diferentes pode ajudar na detecção de mudanças nos níveis de degradação de uma região.

Pensando também na preservação de remanescentes florestais naturais e na problematização das questões ambientais que estão em crescimento contínuo, o acesso facilitado a dados sobre UC, como a FLONA do Assungui, é uma medida de

grande importância para a posterior realização de análises e estudos. (NAKAMURA, 2010). Na era atual da informação, o discurso sobre compartilhamento das informações se demonstra urgente. A criação de novas tecnologias e o aprimoramento das tecnologias já muito utilizadas para a elaboração de mapas e a criação de dados espaciais contribui diretamente para a conservação da biodiversidade, abrindo novas possibilidades de análise e pontos de vista para diferentes estudos e técnicas de trabalho (ORTIZ, 2012).

Nestas circunstâncias, surge a necessidade de infraestruturas apropriadas para um ambiente de colaboração coletiva no compartilhamento de dados espaciais, as Infraestruturas de dados espaciais (IDE). A finalidade central para o desenvolvimento de uma IDE é obter os melhores resultados nos processos de gerenciamento de uma instituição, como o caso do ICMBIO para a FLONA do Assungui. As IDE's são um elemento crucial para permitir a mais adequada utilização de dados espaciais com a economia de esforço, tempo e recursos. Unir este fator com a interoperabilidade de dados é ainda mais benéfico (RAJABIFARD et al., 2000).

Apesar de reduzir os custos em prováveis estudos, as próprias infraestruturas integradas possuem um custo muito elevado. Juntamente a isto, a evolução tecnológica demanda sucessivos investimentos na área de Tecnologia da Informação (TI), o que acaba ocasionando a compra contínua de *software* cada vez mais onerosos, ou até a opção de licenças por tempo limitado. Quando somados, os valores de licenças para a construção de uma IDE pode aumentar o custo de diversos projetos, tanto na esfera pública como na esfera privada. Os modelos de negócios das empresas com soluções proprietárias acabou tornando inviável para muitos o trabalho com Geotecnologias e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), tornando a procura pelo software livre algo cada vez mais comum (UCHOA e FERREIRA, 2004).

As soluções livres têm se desenvolvido de forma acelerada e permitido um grande avanço tanto na área de TI como na área de SIG a um custo viável. A criação do *Open Geospatial Consortium* (OGC) foi um importante fator para este crescimento contínuo, e o mesmo definiu padrões de interoperabilidade de ambientes relacionados a geotecnologias. Muitos programas livres e até alguns proprietários já estão se adaptando para entrar no padrão OGC, algo que é de fundamental importância para tornar os estudos ainda mais realizáveis (UCHOA e FERREIRA, 2004).

Aliar o software livre com a criação de infraestruturas interoperáveis de dados espaciais, mais especificamente os dados geoespaciais, pode ser de grande vantagem para a preservação ambiental. Além disso, a questão da proteção ambiental da FLONA do Assungui estar relacionada a seu plano de manejo demonstra a utilidade de se obter dados e mapas atualizados e de forma não custosa.

1.1. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo analisar as mudanças temporais através da classificação supervisionada de oito imagens *RapidEye*, sendo duas cenas por ano, de 2011 a 2014, sobre o entorno da FLONA do Assungui, realizando uma álgebra de mapas e verificando a adequabilidade das classes escolhidas, da própria classificação e das possíveis combinações de alteração de uso do solo.

Posteriormente, o mapa da região sul gerado da classificação supervisionada da imagem de 2014 será publicado na internet, como uma forma de mostrar a possibilidade de criação de uma IDE.

O trabalho tem a finalidade de realizar todos os procedimentos utilizando somente *software* livre.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Obter as imagens *RapidEye* no sistema do Geocatálogo;
2. Estudar a separabilidade das classes escolhidas para a classificação e classificar as imagens;
3. Realizar a análise multitemporal a partir das classificações obtidas e interpretar os resultados analisando as possíveis combinações de transformação de uso do solo;
4. Publicar os dados da região sul da classificação supervisionada da imagem de 2014 em nuvem.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ÁREA DE ESTUDO

2.1.1. Localização

A FLONA do Assungui encontra-se no município de Campo Largo, por volta de 69 Km de Curitiba, na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), no estado do Paraná. A região se localiza no distrito de Três Córregos ($25^{\circ}10'41''$ S – $49^{\circ}38'56''$ W – Coordenadas UTM: 636.718 e 7.215.216), onde possui acesso pela estrada do Cerne, Km 64. A sede do município se encontra a 956m acima do nível do mar, e ele faz divisa ao sul com os municípios de Araucária e Balsa Nova, a oeste com Ponta Grossa e Palmeira, ao norte com Castro e a leste com Curitiba, Campo Magro e Itaperuçu. Verificar apêndice A para um maior detalhamento do mapa de localização da FLONA.

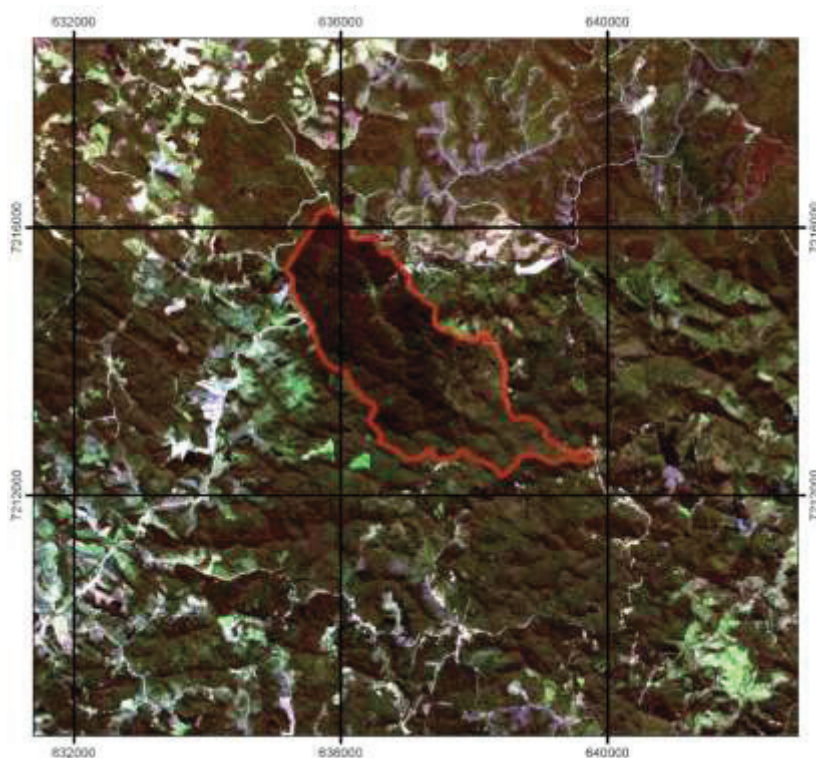


FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA FLONA DO ASSUNGUI E PARTE DO SEU ENTORNO.

FONTE: O AUTOR (2015)

2.1.2. Características da Região

Florestas Nacionais são áreas de domínio público que tem permissão por Lei para gerir seus recursos de forma a científica e econômica, respeitando a exploração racional dos recursos naturais, os mecanismos de sustentação e os demais atributos ecológicos. A Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Conservação da Natureza (SNUC) possui esta garantia (MMA, 2015).

Segundo Dumont (2015), a FLONA do Assungui foi criada em 1968 pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) através da Portaria nº 559 de 25 de outubro de 1968, com o objetivo de pesquisar o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*) sob diferentes condições de cultivo, e atualmente ICMBIO. Previamente ela era conhecida como Parque Florestal do extinto Instituto Nacional do Pinho, criada para coordenar e superintender os trabalhos relativos à defesa da produção do pinho.

Segundo Moro et al. (2009), o Índice de diversidade de Simpson mede a possível dominância de uma ou poucas espécies em uma comunidade, variando de 0 (dominância total de uma espécie sobre outra) até 1 (sem dominância). No caso da FLONA em estudo, este índice (1-D) foi calculado pelo referido autor e foi de 0,926, o que mostra a ausência de espécies dominantes.

Ainda conforme Moro et al. (2009), o Índice de diversidade de Shannon (H') foi de 3,15, algo que ele considerou surpreendentemente alto para o caso de uma área de reflorestamento. O Índice de Shannon-Wiener (varia de 1,5 a 3,5, raramente chegando a 4,5) é o mais utilizado para medir a diversidade em dados categóricos. Também foi apresentado o valor da equitabilidade (J), medida que compara a diversidade de Shannon com a distribuição de espécies observadas. Este valor foi de $J = 0,77$, apontando distribuição muito homogênea das espécies.

2.1.3. Vegetação e Vida Animal

O perímetro da FLONA do Assungui se encontra em uma área da Floresta Ombrófila Mista, inserida no domínio da Mata Atlântica. A parte mais baixa da FLONA

é considerada uma zona de tensão ecológica, pois sofre influência da Floresta Ombrófila Densa, caracterizada por possuir elevadas temperaturas e umidade, devido a sua localização. A formação de sua área é em torno de 50% de florestas nativas em diferentes estágios de sucessão, 50% de plantios de araucária e uma ínfima porcentagem de área com plantios de espécies exóticas (MMA, 2015).

De acordo com Moro et al. (2009), as espécies da flora mais frequentes no estrato herbáceo-arbustivo são *Cordyline dracaenoides* e *Cyathea corcovadensis*, que possuem altura média de 3 e 1,8 metros, respectivamente. No estrato médio (dossel) as representantes com maior densidade relativa são a *Casearia sylvestris*, *Allophylus edulis*, *Clethra scabra*, *Dalbergia brasiliensis* e *Matayba elaeagnoides*. Esta vegetação dos talhões possui altura média de 7,1 metros e DAP médio de 11,2 centímetros, sendo inteira de espécies características da Floresta Ombrófila Mista. Já o estrato superior (emergente) é representado exclusivamente por *Araucaria angustifolia* e apresenta altura média de 15 metros, DAP médio de 25 centímetros e densidade relativa de 16,5%. Todos estes dados são representativos da região de reflorestamento com araucária na FLONA do Assungui.

Como pertencente a categoria de Unidade de Conservação, a FLONA se mostra como um meio importante para a preservação de espécies em extinção. Como exemplos de vegetação em extinção na região, são: *Roupala brasiliensis* (carvalho brasileiro), *Apuleia leiocarpa* (grapia), *Nectandra megapotamica* (canela-imbuia), estas presentes na lista de Espécies da Flora ameaçadas de Extinção no Estado do Paraná, e também a *Dicksonia sellowiana* (xaxim-bugio) e *Araucaria angustifolia*, relacionadas na lista oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção (PATRICIO, 2015).

A preservação da vida animal é um fator importante da mesma forma que a conservação da flora. Segundo a gerência da FLONA, no entorno da mesma no ano de 2002, durante determinado licenciamento para linhas de transmissão de energia, foi apurado a presença de *Brachyteles arachnoides* (muriquis-do-sul), espécie conhecida como o maior primata das Américas, que atualmente está em risco de extinção. Outras espécies animais que se encontram ameaçadas e estão presentes na FLONA são: *Dasybus septemcinctus* (tatu-mulita), *Leopardus tigrinus* (gato-do-

mar-pequeno), *Leopardus wiedii* (gato-maracajá), *Pecari tajacu* (cateto), *Mazama americana* (veado-pardo), *Cuniculus paca* (paca) e *Hemitriccus obsoletus* (mosquiteirinho-marrom).

2.1.4. Estrutura Geológica, Solo, Relevo e Hidrologia

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA,2015), a FLONA do Assungui está localizada na região central de uma formação granítica que está envolvida por rochas da Formação Camarinha e da Formação Água Clara. A formação é denominada Granito Três Córregos e Granito do Cerne.

Os solos predominantemente encontrados na Região da FLONA são os argissolos vermelho-amarelos e os cambissolos háplicos (MMA, 2015). Argissolos são solos minerais que possuem diferenciação nítida entre camadas horizontais, sendo que quanto mais profundas, maior a quantidade de argila. Já os cambissolos possuem características variadas de acordo com o local encontrado, sendo constituídos por minerais de forma heterogênea.

O entorno da FLONA é dominado por divisores de água formados por espigões de quartzito e apresenta relevo bastante acidentado, com a presença de vales profundos e espigões alongados. Além disso é possível notar algumas elevações com formas em cabeço de estrato do tipo “hogback” (camadas muito inclinadas, semelhante a uma cuesta, com mergulho superior a 30 graus) em virtude do mergulho de rochas (MMA, 2015).

A FLONA está localizada especificamente na bacia do rio que deu nome à UC, o rio Assungui. De forma mais ampla, ela se encontra na área ocupada pela Bacia do Ribeira. A drenagem no local é regradada pelo alinhamento das elevações do relevo, seguindo a orientação estrutural sudeste-nordeste. Esta, ao acompanhar as falhas de terreno, assume padrão anguloso retangular. Outro fator importante para a condição de drenagem são os diques de diabásio presentes.

2.2. INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS

Com a necessidade de preservação das Unidades de Conservação como um todo, surge a ideia da criação de uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE), já que elas proporcionam instrumentos técnicos e políticos para ampliar o ciclo de propagação das informações geográficas para um número maior de pessoas (NAKAMURA, 2010). Esta ampliação causa um número maior de estudos possíveis para a região, sendo este fator de interesse relevante para a conservação do bioma na região de estudo (ORTIZ, 2012), que no caso do presente trabalho é o entorno da FLONA do Assungui.

O termo IDE foi definido em 1993 pelo conselho de pesquisa nacional dos Estados Unidos para facilitar a troca, criação e aplicação de informações e dados geoespaciais, entre outras informações relacionadas, dentro de uma comunidade adepta ao compartilhamento de informações (MAGUIRE e LONGLEY, 2005). Não obstante, Williamson et al. (2003) lembra que a expressão tem uma evolução contínua conforme os anos se passam devido às mudanças no foco ambiental, aos desafios sociais e às crises econômicas, o que torna a necessidade de trabalho conjunto e troca de informações algo não somente útil e importante, mas necessário.

De acordo com o portal SIG BRASIL, os principais objetivos de uma IDE são:

- “Compartilhar informações geoespaciais (IG), inicialmente na administração pública e depois para toda a sociedade”;
- “Incrementar a administração eletrônica no setor público”;
- “Garantir aos cidadãos os direitos de acesso à IG pública para a tomada de decisões”;
- “Incorporar a IG produzida pela iniciativa privada”;
- “Harmonizar a IG disponibilizada, bem como registrar as suas características”;
- “Subsidiar a tomada de decisões de forma mais eficiente possível”.

Com estes propósitos em mente, diversos países estão desenvolvendo IDE's em diversos níveis de abrangência. Durante este crescimento, notou-se que existiam

muitas dificuldades com a relação às diretrizes que ditam o fácil compartilhamento das informações geográficas. Em razão disto, a Europa, que está tentando ficar cada vez mais interligada cultural e economicamente, lançou uma iniciativa para um sistema de IDE vasto sobre todo o território, o INSPIRE - *Infrastructure for Spatial Information in the European Community* (GINIE, 2003). Esta iniciativa mostrou que alguns detalhes e recomendações são importantes para que IDE seja efetiva, são eles:

- Os dados devem ser recolhidos uma vez e mantidos onde isso possa ser feito da forma mais eficaz possível;
- Deve ser possível combinar a informação espacial de fontes diferentes, sem emendas, através do território e compartilhá-las entre muitos utilizadores e aplicações;
- Deve ser possível a partilha de informação recolhida a um nível com todos os outros níveis, por exemplo, mais detalhada para a investigação mais rigorosa e mais geral para objetivos estratégicos;
- A IG necessária para a administração e de qualidade a todos os níveis deve existir e estar amplamente disponível em condições que não inibam a sua utilização extensiva;
- Deve ser fácil descobrir que IG está disponível, se a mesma se adequa a necessidades de uma utilização particular e em que condições pode ser adquirida e utilizada;
- Os dados geográficos devem ser de fácil compreensão e interpretação no contexto apropriado e devem ser selecionados de forma amigável para o utilizador através de instrumentos de visualização.

No Brasil, uma IDE pode ser definida pelo Decreto nº 6.666, de 27/11/2008 (DOU de 28/11/2008, p. 57), que instaura a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) e explica como o:

“Conjunto integrado de tecnologias; políticas; mecanismos e procedimentos de coordenação e monitoramento; padrões e acordos, necessário para facilitar e ordenar a geração, o armazenamento, o acesso, o compartilhamento, a disseminação e o uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal (BRASIL, 2008).”

2.2.1. Interoperabilidade e Harmonização de Dados

A interoperabilidade se refere a capacidade de uma ação funcionar através de sistemas anteriormente incompatíveis. Este é o ponto principal quando se trata de tornar eficaz o objetivo de uma IDE ressaltando a importância do acesso facilitado e intercâmbio de informações (TÓTH et al., 2012).

De acordo com Lasshuyt e Hekken (2001), existem 3 arquiteturas básicas para sistemas interoperáveis, como mostra a figura 2:

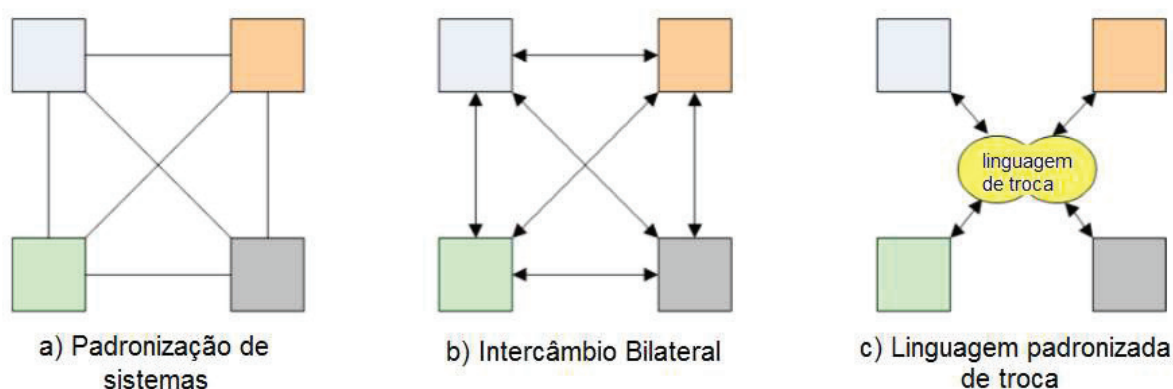


FIGURA 2 – ARQUITETURAS BÁSICAS PARA A INTEROPERABILIDADE.

FONTE: LASSCHUYT E, HEKKEN MV, 2001, CITADO POR TÓTH et al., 2012, ADAPTADO PELO AUTOR, 2015.

Como mostrado na figura 2a, os sistemas padronizados funcionam de uma forma inteiramente interoperável. Porém, na maioria dos casos, esta abordagem não funciona de forma adequada, pois cada desenvolvedor pode utilizar um formato de dados, convenções e padrões de cada organização ou governo (TÓTH et al, 2012).

No caso da figura 2b, cada conexão de dados requer um sistema dedicado para que seja possível a troca adequada. Entretanto, quanto mais sistemas existirem, ou seja, mais organizações utilizarem este tipo de sistema interoperável, mais conexões vão existir, algo que acaba dificultando pelo maior número de interfaces dedicadas. A terceira opção (Figura 2c) é considerada mais adequada, já que é um sistema versátil, em que diversos dispositivos podem ser adicionados sem a obrigação de adaptá-los (TÓTH et al., 2012).

A harmonização de dados, também conhecida como compatibilização de dados, é definida pela Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa (UNECE) como:

“Processo interativo de captura. Definir, analisar e aconselhar os requisitos de informações pelo governo, e padronização de dados como o mapeamento desses dados simplificados às normas internacionais. ”

A harmonização aproxima o sentido e a estrutura de dados e remove a incoerência que não pode ser resolvida por tecnologias disponíveis. Ela é necessária quando a estruturação técnica falha a preencher a janela de interoperabilidade e são necessárias alterações nos dados implícitos. Juntos, a interoperabilidade e a harmonização dos dados levam a uma padronização das informações. (TÓTH et al., 2012).

De acordo com Tóth et al (2012), os principais problemas da falta de padronização e interoperabilidade entre os dados são:

- Diferentes classificações – o mesmo local classificado de duas formas diferentes (exemplo: área industrial confundida com área urbana);
- Diferentes níveis de agregação – os mesmos objetos representados em diferentes graus de aglomeração (exemplo: um conjunto de casas representado como um único bloco);
- Diferente representação espacial;
- Diferente representação geométrica (2D ou 3D);
- Diferente representação da geometria plana (linhas ou polígonos);
- Limites diferentes;
- Sobreposição de dados espaciais e objetos geométricos;
- Inconsistência entre dados temáticos (exemplo: modelo digital de elevação e sistema de transporte).

2.2.2. Arquitetura de uma IDE

Uma IDE não é somente uma instalação técnica que possui todos os componentes que conectam uma infinidade de dados pela internet, mas também é

uma estrutura completa que abrange aspectos sociais, políticos, técnicos e comerciais. Entre estes tópicos encontram-se os acordos de licenciamento, troca e fornecimento de dados e imagens, padrões de transferência de dados e políticas de acesso. De acordo com Steinger e Hunter (2012), é útil distinguir os principais componentes de uma IDE em:

- Dados Espaciais (ou informação espacial);
- Tecnologias: *hardware* e *software*;
- Leis e Políticas;
- Pessoas: fornecedores de dados, fornecedores de serviços, usuários;
- Padrões para obtenção, representação e transferência de dados.

Dentre os pontos citados, Rajabifard e Williamson (2001) consideram que existe um papel fundamental na conexão entre os dados e as pessoas, colocando-os como uma primeira categoria. A segunda categoria consiste nos componentes tecnológicos como a rede de acesso, as políticas e normas. Dentre as categorias, a segunda é muito dinâmica devido à rápida evolução tecnológica dos componentes e a necessidade de conciliação de direitos, restrições e responsabilidades entre as pessoas e a alteração de dados (Figura 3).

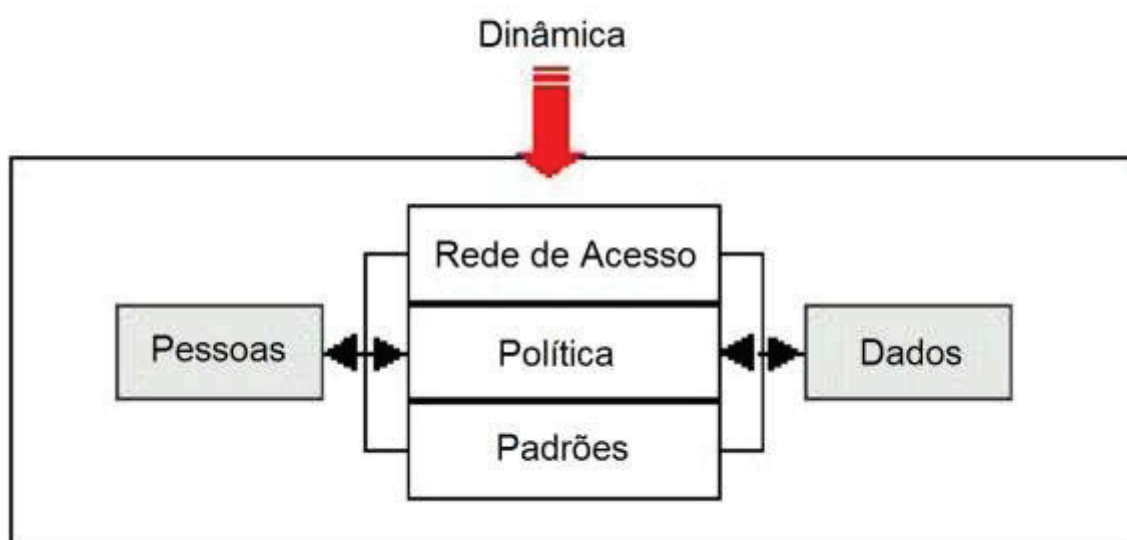


FIGURA 3 - RELAÇÕES ENTRE COMPONENTES DE UMA IDE.

FONTE: WILLIAMSOM IP, RAJABIFARD A, 2001, ADAPTADO PELO AUTOR, 2015.

Tal qual a figura 3, qualquer usuário ou fornecedor que deseja obter acesso aos bancos de dados deve lidar com o meio tecnológico utilizado pela IDE.

Além da relação entre os componentes entre si, existe uma dependência entre cada nível de diversas IDE's. Elas são desenvolvidas em diferentes níveis de alcance, desde as corporativas e locais que podem contemplar pequenas áreas, até as nacionais ou globais que interligam toda a informação possível. Estes níveis são classificados hierarquicamente (Figura 4) e possuem relações de dependência com as classes superiores ou inferiores, apesar de possuírem características próprias. Os vínculos de cooperação e dependência entre cada organização responsável pelas IDE's são os que geram a discussão e interpelações entre os níveis.

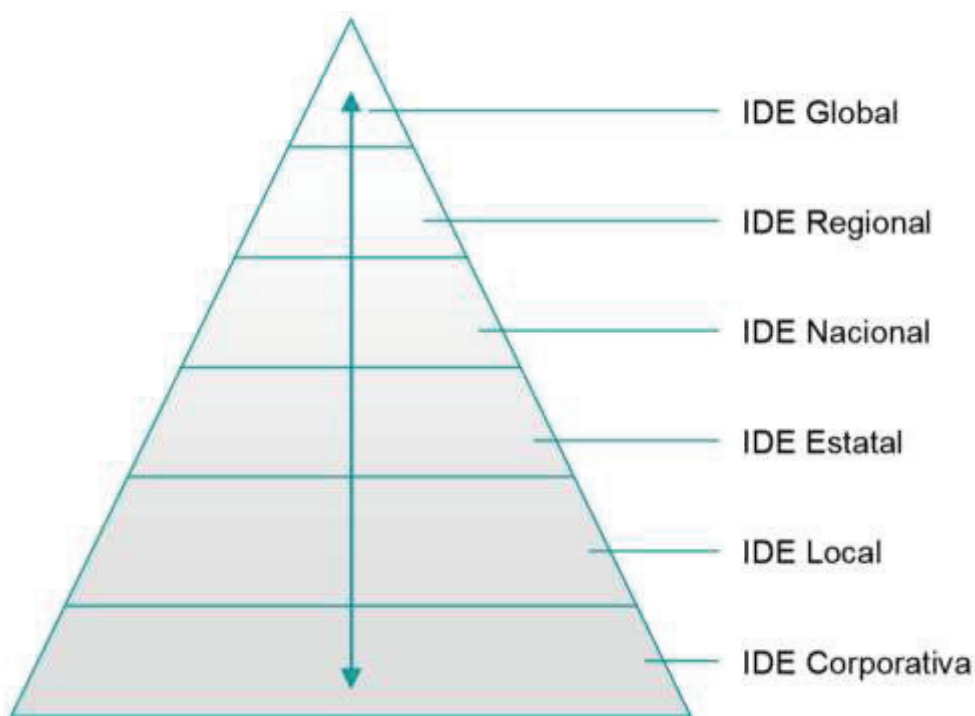


FIGURA 4 - HIERARQUIA DAS IDE'S.

FONTE: RAJABIFARD et al., 2000, ADAPTADO POR AFONSO CSPV, 2008.

A ideia da hierarquia pode ser entendida “como um ambiente sem barreiras onde os utilizadores, estando em qualquer ponto da hierarquia, podem utilizar dados provenientes de qualquer outro nível de governação, de acordo com o tema, escala, formato ou área pretendida” (DIAS, 2006).

2.2.3. Dados e Metadados Geoespaciais

Segundo Borges (1997), “dados espaciais são quaisquer tipos de dados que descrevem fenômenos aos quais esteja associada alguma dimensão espacial”. Ou seja, qualquer conhecimento relacionado a um fenômeno que ocorre sob ou sobre a superfície terrestre pode ser considerado um dado. Para ser um dado geoespacial, este tem que estar relacionado ao espaço em que o evento ocorre, também levando em consideração o tempo em que ele ocorre.

De acordo com o Marco Legal da INDE (Decreto nº 6.666/08 DOU de 28/11/2008, p. 57), informações ou dados geoespaciais são definidos como:

“Aqueles que se distinguem essencialmente pela componente espacial, que associa a cada entidade ou fenômeno uma localização na Terra, traduzida por sistema geodésico de referência, em dado instantâneo ou período de tempo, podendo ser derivado, entre outras fontes, das tecnologias de levantamento, inclusive as associadas a sistemas globais de posicionamento apoiados por satélites, bem como mapeamento ou de sensoriamento remoto.”

Em uma IDE, dados de Referência são aqueles que fornecem bases essenciais para o georreferenciamento, o mesmo que sobre o qual se constrói outro dado temático. Em alcance nacional, os dados de referência podem variar com diversos fatores como: a questão ambiental, a evolução científica, o desenvolvimento socioeconômico do país e suas características geográficas e territoriais. Usualmente, os conjuntos de dados de referências são os citados como: (CONCAR, 2010):

- De controle geodésico;
- Das cartas topográficas e cadastrais;
- Nomes geográficos;
- Limites político-administrativos;
- Elevação e batimetria;
- Registro de propriedades e terras.

Os dados temáticos por sua vez apresentam valores qualitativos e quantitativos sobre os dados de referência, sendo suas informações sobre um tema

como o clima, indústria, educação, vegetação, entre outros, em uma determinada região. Não existem regras para a descrição de um mapa temático, portanto eles representam o que o produtor ou contratante do serviço determina.

Além de dados de referências e dados temáticos, o Brasil também considera oficial os dados de valor agregado (CONCAR, 2010), como mostra o § 2º do Art. 2º do Decreto nº 6.666/08, em conformidade com:

“§ 2º Serão considerados dados geoespaciais oficiais aqueles homologados pelos órgãos competentes da administração pública federal, e que estejam em conformidade com o inciso I do caput.” (O inciso I do caput trata sobre a definição de dado ou informação geoespacial)

Os dados de valor agregado são aqueles adicionados aos já existentes dados de referência e temáticos, por usuário ou produtores, tanto públicos quanto privados, movidos a um interesse em específico.

Com relação aos Metadados, segundo By (2001), eles são a descrição de alto nível dos dados. Isto é, o conhecimento sobre a qualidade, a orientação espacial, a linhagem, periodicidades de obtenção, acesso e distribuição dos dados propriamente ditos. Seus principais componentes são: Nome, descrição, tipo, formato, métodos utilizados para a produção dos dados, acurácia, unidades e outras informações relevantes.

Quando nos referimos a Metadados que possuem informações sobre dados georreferenciados, eles são chamados de Metadados Geoespaciais. Eles apresentam informações geográficas pertinentes, como é mostrado na figura 5:

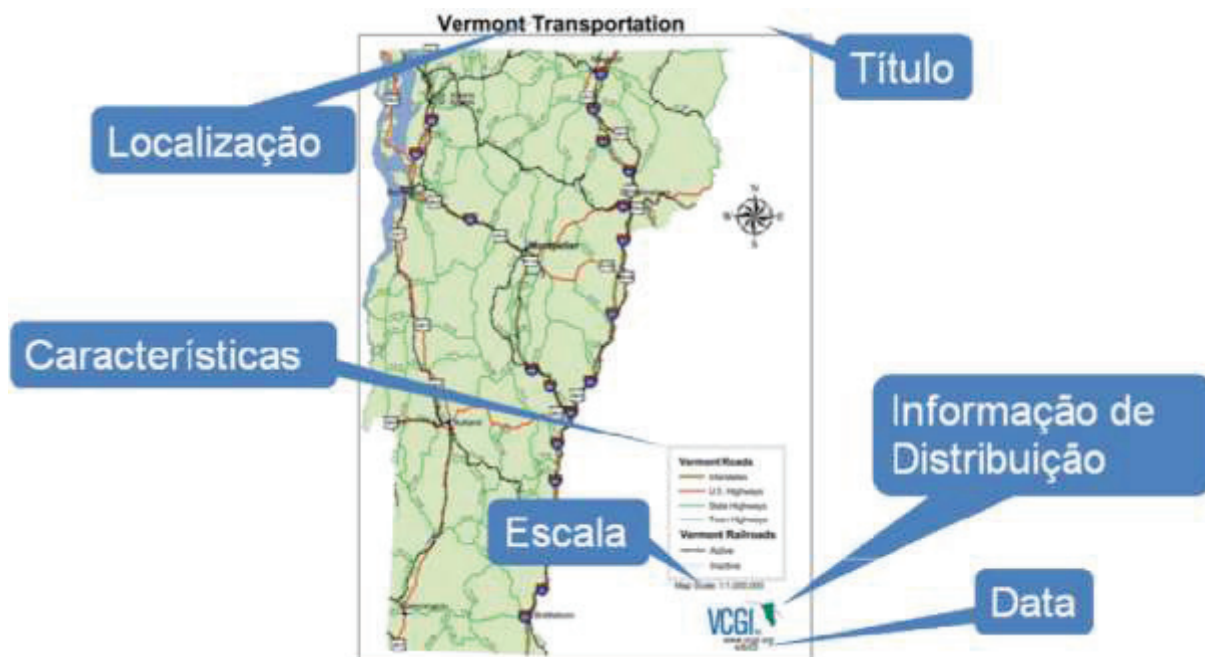


FIGURA 5 - METADADOS GEOESPACIAIS EM UM MAPA IMPRESSO.

FONTE: WESTCOTT B, 2007, ADAPTADO POR NAKAMURA ET, 2010.

Os Metadados geoespaciais abordam de forma geral, os seguintes aspectos: Controle de qualidade, intercâmbio de dados e diretórios de dados. O primeiro é demonstrado pela documentação de um metadado, como seu ciclo de vida, trabalho de processamento e manutenção, e isso admite a garantia de qualidade da informação. O segundo se dá devido ao elevado custo na aquisição ou obtenção de dados geoespaciais. As organizações que trabalham com estes conhecimentos procuram cooperar entre elas na base da permuta, sendo que os dados com erros e mal interpretados podem ser descobertos pela comparação. Já sobre os diretórios de dados, é de fácil compreensão que os dados precisam ser armazenados, pois são de elevado custo e, caso precisem ser utilizados novamente, já estão disponíveis. São úteis também para uma comparação temporal do espaço, já que dados antigos estarão arquivados em seus diretórios (RIBEIRO, 1996).

2.2.4. Os Dados e sua Infraestrutura no Brasil

Seguindo os rumos de acesso facilitado a informação e a necessidade de organização da informação geográfica, o Brasil, em especial a Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), votou pela elaboração do plano de ação para a implementação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, em 19 de dezembro de 2008. Assim, um comitê de elaboração foi formado (CINDE – Comitê para o planejamento da INDE) entre janeiro e março de 2009, com 110 representantes de 26 Organizações Brasileiras.

Conforme o CINDE (2010), foram elaboradas as diversas motivações e benefícios para a implementação da INDE. Basicamente foi ressaltada a importância da informação geográfica, com foco no seu valor econômico e estratégico para o setor público, e também seu valor social e político no que diz respeito a soluções de planejamento e intervenções quando necessárias. Foi destacado também o crescente interesse dos governos de todo o mundo, entendendo que as explorações destas informações são necessárias para um bom desenvolvimento. A figura 6 representa a informação vital que a IG pode fornecer quando bem aplicada na sociedade, entre todos os sistemas de informações e planejamentos do governo e o incentivo da informação e do conhecimento.



FIGURA 6 - BENEFÍCIOS DAS IDE'S.

FONTE: MARTINEZ DIR, 2005, ADAPTADO PELO PLANO DE AÇÃO DA INDE, 2010.

O plano de ação para a construção da INDE foi dividido em 3 ciclos em virtude de ser um processo demorado em um país com dimensões muito grande, além do

mais por possuir uma cultura política ainda em transição. As etapas e suas datas de implementação final são divididas em: Ciclo 1 – implementação da infraestrutura física de dados e metadados e o correto funcionamento dos mesmos – até Dez/2010; Ciclo 2 – se tornar a principal ferramenta de dados espaciais do Brasil – até 2014; Ciclo 3 – ser reconhecida internacionalmente – até 2020. Seus custos totais de implementação estimados para o ciclo 1 são de: R\$9.924.420,00 (CINDE, 2010).

Em conformidade com o plano de ação da INDE (2010), um portal digital foi criado para que os usuários tenham acesso aos dados (www.inde.gov.br). O portal foi construído com base em software gratuito desde seu lançamento, ou software que tenham sido adquiridos com licença pública pelo governo, como é caso do i3geo. Este é uma ferramenta para a visualização de dados geoespaciais, que podem ser fornecidos por diversas instituições e estarem hospedados em servidores múltiplos (MORETTI, 2010).

A rede de servidores que reúne os produtores, gestores e usuários da INDE é denominada Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais (DBDG), e, segundo o Decreto nº 666.6/08, o DBDG é:

“Um sistema de servidores de dados, distribuídos na rede mundial de computadores, capaz de reunir eletronicamente produtores, gestores e usuários de dados geoespaciais, com vistas ao armazenamento, compartilhamento e acesso a esses dados e aos serviços relacionados.”

2.2.5. IDE's em Unidades de Conservação

A proteção ambiental é uma das principais e mais importantes áreas para as tecnologias do SIG e a construção de IDE's. Por causa de sua complexidade, as IDE's construídas em locais de proteção ambiental precisam de um número grande de conteúdo e dados diversificados (LITWIN e GUZIK, 2004).

Assim como visto anteriormente, uma UC possui o intuito de conservar e proteger áreas e paisagens naturais, sendo esta proteção é feita pelo estado no

âmbito federal, estadual ou municipal. Segundo Nakamura (2010), As UC podem ter dados de diversos temas e, dessa forma, são utilizados em tarefas cotidianas que podem variar conforme as IG pertinentes variam.

A utilização de IDE's e SIG em Unidades de Conservação são frequentemente para o desenvolvimento de um plano diretor, um estudo específico ou um zoneamento ecológico-econômico (NAKAMURA, 2010).

2.2.6. Estudo de Caso

Em 30 de setembro de 2014, a Secretaria do Meio Ambiente (SMA) liberou ao público o projeto DataGEO, com o objetivo de organizar, disponibilizar e estruturar as bases de informações ambientais e territoriais do Sistema Ambiental Paulista por meio da construção da IDEA-SP: uma infraestrutura de dados espaciais ambientais.

A implementação da IDEA-SP foi realizada para apoiar ações de licenciamento ambiental, fiscalização, gestão e planejamento, ajudando na tomada de decisão. A grande quantidade de dados geoespaciais desconexos em uma instituição pública motivou a sua execução, visando unir a flexibilidade e alto nível de interoperabilidade aos dados e sistemas.

É disponibilizada uma Base de Informação Territorial Ambiental padronizada, composta por: Um Geoportal (Portal de acesso à base de informação, mostrado na figura 7), um catálogo de metadados para pesquisar a informação desejada e um visualizador, tudo acessível por meio da internet.

Diversos benefícios foram associados ao projeto, por exemplo: transparência e compartilhamento das informações ambientais do estado de São Paulo, melhoria na gestão de geoinformação por meio de inovação tecnológica, melhoria na gestão ambiental e nos trabalhos desenvolvidos pelos técnicos do Sistema Ambiental Paulista.



FIGURA 7 - GEOPORTAL DA IDEA-SP.

2.3. SENSORIAMENTO REMOTO

Pensando nos dados e mapas necessários para a formação de uma IDE, nas imagens de satélite que podem ser acessadas de forma simples da região de estudo e da importância de um profundo aprendizado que pode ser adquirido na região, é importante encontrar uma aplicação efetiva e de baixo custo do sensoriamento remoto para esta análise. Assim, alia-se uma classificação supervisionada de uma imagem de satélite a uma IDE interoperável, contribuindo para futuros estudos para a preservação da FLONA do Assungui.

Existem diferentes modos para definir o sensoriamento remoto entre os diferentes autores. Para Joseph (2005), Sensoriamento remoto é a ciência de causar interferência sobre os objetos estudados, a partir de medições feitas a distância, sem entrar diretamente em contato físico com o objeto em observação. Ou melhor dizendo, o termo se refere a qualquer técnica utilizada que consiga informações sobre o objeto à ser estudado sem que entre em contato com o mesmo. Apesar do significado amplo, a expressão sensoriamento remoto é usualmente utilizada para remeter a

estudos de identificação de característica da Terra através da detecção da Radiação Eletromagnética (REM) que é emitida ou refletida pelo complexo terrestre.

De acordo com Liu (2015), “é necessário entender o comportamento da REM quando ela passa pela camada atmosférica e depois é refletida pela superfície terrestre”. As interações entre as ondas eletromagnéticas e a superfície da terra podem variar para diferentes frequências da onda. Dependendo da banda espectral em que a REM se encontra, alguns mecanismos quânticos como a vibração das moléculas podem induzir diferentes tipos de reações na mesma, assim resultando em uma troca de energia entre a matéria e a onda.

Diversos tipos de sensores são empregados para o cálculo da REM, sendo que a maior parte deles utiliza a própria radiação solar como fonte. Existem também aqueles que possuem suas próprias fontes de radiação, como no caso dos sensores laser e radares, conhecidos como sensores ativos (RODRÍGUEZ, 2000).

Existem três classes para identificar o tipo de coleta para os dados geográficos (ROSA, 1990), são elas: terrestre, orbital e sub-orbital. No presente trabalho serão utilizadas imagens orbitais obtidas pelo sensor *RapidEye*. Estas imagens serão empregadas pois foram as que se encontraram disponíveis para obtenção por meio do Geocatálogo, sendo fácil o acesso por quem está vinculado a uma Universidade Federal.

2.3.1. RapidEye

Em 2008, a empresa alemã *RapidEye* lançou 5 satélites de Sensoriamento Remoto para a observação da Terra. O sistema se destaca pelo imageamento em alta definição disponibilizado com a combinação de resoluções espacial, espectral e temporal, sendo uma característica única no mercado atual (FELIX et al; 2009).

A constelação de satélites pode coletar imagens diárias de todo o globo terrestre e suas especificações técnicas gerais são dadas pela tabela 1 a seguir:

TABELA 1 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS GERAIS DOS SATÉLITES DO SISTEMA RAPIDEYE.

Número de Satélites	5
Altitude da Órbita	630 Km, órbita síncrona com o Sol
Hora de passagem no equador	11:00 (aproximadamente)
Velocidade	27.000 Km/h
Largura da Imagem	77 Km
Tempo de Revisita	Diariamente (<i>off-nadir</i>); 5,5 dias (<i>nadir</i>)
Capacidade de Coleta	4,5 milhões de Km ² /dia
Tipo do Sensor	Multiespectral (<i>pushbroom imager</i>)
Bandas Espectrais	5 (<i>Red, Green, Blue, Red-Edge, Near IR</i>)
Resolução espacial (<i>nadir</i>)	6,5 m
Tamanho do Pixel (ortorretificado)	5 m
Armazenamento de Dados a Bordo	1.500 Km de dados de imagens por órbita
Resolução Radiométrica	12 bits
Velocidade de <i>Download</i> (Banda X)	80 Mbps

FONTE: FELIX IM et al., 2009.

As bandas espectrais e suas denominações, são:

- 440-510 μm : Azul, Banda 1;
- 520-590 μm : Verde, Banda 2;
- 630-685 μm : Vermelho, Banda 3;
- 690-730 μm : *Red-Edge*, Banda 4;
- 760-850 μm : Infravermelho próximo, Banda 5.

Segundo Felix et al. (2009), as imagens *RapidEye* são disponibilizadas ao usuário já ortorretificadas e com correções atmosféricas através do modelo ATCOR 3, prontas para uso em Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

2.3.2. Classificação Supervisionada

Pela comparação entre diferentes pixels de uma imagem digital de satélite, é praticável que eles sejam agrupados de acordo com sua reflectância em cada banda espectral. Este agrupamento em classes razoavelmente homogêneas é chamado de classificação de uma imagem digital de um SIG. Um exemplo de classificação é mostrado na Figura 8. Segundo Santos et al. (2010), os pixels que tem valores espectrais semelhantes na imagem numérica (a) são agrupados assim como nas classes A (urbanização) e B (água), gerando a imagem classificada (b).

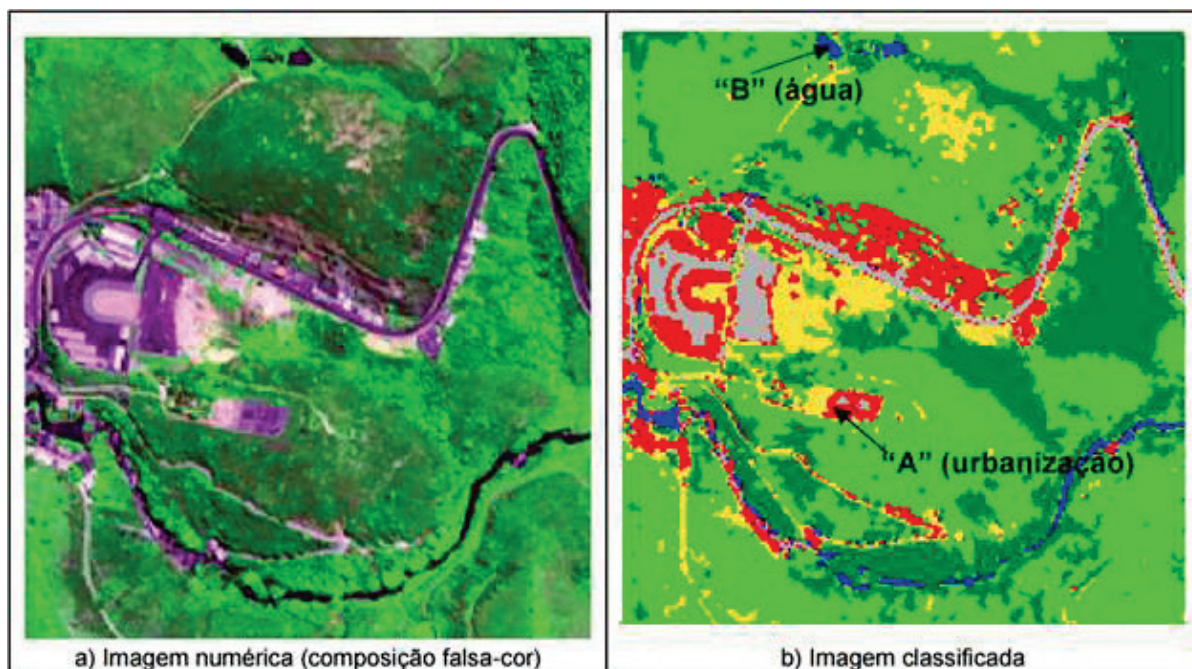


FIGURA 8 - IMAGEM NUMÉRICA ORIUNDA DA COMPOSIÇÃO COLORICA EM FALSA-COR (A) E IMAGEM CLASSIFICADA (B).

FONTE: SANTOS AR et al., 2010.

Os algoritmos classificadores podem funcionar de 2 maneiras (SANTOS et al., 2010):

- Classificação “pixel a pixel”: opera com a informação espectral de cada pixel de forma isolada.

- Classificação por região: além de utilizar a informação espectral de cada pixel, também a informação espacial que envolve relação entre os pixels e seus vizinhos.

A classificação supervisionada é uma técnica muito utilizada em sensoriamento remoto e pode ser definida informalmente pelo processo de usar amostras conhecidas (i.e., pixels com valores já conhecidos de classe, como uma região de floresta tropical, por exemplo) para classificar os pixels ainda não identificados de uma imagem. As amostras de pixels que são conhecidas estão numa região denominada área de treinamento. A área de treinamento em uma imagem é delimitada pela identificação de regiões no mapa e na superfície em que se possa saber de forma clara qual a classificação da mesma ou caso já exista conhecimento prévio sobre o local. Tais áreas devem caracterizar propriedades espectrais da categoria em que estão inseridas, e assim um programa computacional pode identificar áreas semelhantes. A escolha de uma área de treinamento não deve incluir regiões não frequentes (i.e., que contenham outras classes misturadas ou que possam ser confundidas) e devem possuir tamanho, posição e forma adequadas para a correta classificação, sendo esta uma etapa fundamental para uma classificação supervisionada apropriada (CAMPBELL, 2001).

2.3.3. Método da Máxima Verossimilhança

É possível utilizar diversos métodos para realizar uma classificação supervisionada, entre eles o método da Distância de Mahalanobis, Máxima Verossimilhança, Mapeador de Ângulo Espectral e Mínima Distância. Porém, de acordo com Cattani et al. (2013), o classificador pelo método da máxima verossimilhança (MaxVer) apresentou o melhor resultado através da avaliação pelos índices de Exatidão Global, índice *Kappa* e Índice Tau.

O algoritmo da verossimilhança funciona de forma que a identificação de um padrão de resposta espectral de uma classe pode ser descrita completamente por

valores de média e pela matriz de covariância. Com estes critérios estabelecidos, é possível computar se um determinado pixel pertence ou não a uma classe peculiar.

2.3.4. Avaliação do Classificador

Uma forma de representar a precisão de imagens e suas classificações é a declaração da porcentagem da área do mapa que foi corretamente classificada em comparação com dados de campo de referência, aqueles onde há certeza da localização e classificação. Esta informação vem de um complemento da classificação exata que é explicitada pela Matriz de Erro. Na figura 9 é apresentado um exemplo de Matriz de Erro, onde X, Y e Z são as classes identificadas na imagem digital. O número de acertos na classificação é identificado pela diagonal principal da Matriz, enquanto os outros valores são os erros.

		Dados de referência			total de linhas
		X	Y	Z	
dados de classificação	X	15	2	4	21
	Y	3	12	2	17
	Z	1	3	14	18
	total das colunas	19	17	20	56

FIGURA 9 - EXEMPLO DE MATRIZ DE ERRO.

FONTE: ADAPTADO POR WATZLAWICK LF et al., 2003.

Para levar em consideração todos os valores da Matriz de Erro e interpretar os resultados, é possível utilizar a análise de *Kappa*. O coeficiente *Kappa* (K) é uma medida de indicada pelos elementos das diagonais da matriz menos o produto total da linha e coluna, sem as entradas não identificadas. A partir desse ponto o valor de K é calculado e a acurácia da classificação é dada pela tabela 2, cujos valores são

aceitos pela comunidade científica apesar de não existir fundamentação teórica que identifique os níveis mínimos necessários para indicar uma boa classificação.

TABELA 2 – ÍNDICE *KAPPA* E CORRENPONDEENTE DESEMPENHO.

Índice <i>Kappa</i> (K)	Desempenho
< 0	Péssimo
$0 < K \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < K \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < K \leq 0,6$	Bom
$0,6 < K \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < K \leq 1,0$	Excelente

FONTE: FIGUEIREDO GC, VIEIRA CAO, 2007.

Adicionalmente ao índice *Kappa*, é possível avaliar a acurácia do usuário e do produtor pela matriz de erro para avaliar a classificação. A acurácia do usuário (*Reference Accuracy*) refere-se aos erros de inclusão, relativo a todos os pontos atribuídos a uma determinada classe provenientes de erros de classificação de outras classes. A acurácia do produtor (*Reliability Accuracy*) leva em consideração os erros de exclusão, onde os erros de classificação de outras classes não são atribuídos a uma determinada classe (HORD et al., 1976).

3. METODOLOGIA

3.1. MATERIAIS

3.1.1. Imagens de Satélite

O trabalho utilizou 2 imagens *RapidEye* com resolução espacial de 5 metros, datadas em 20/05/2011 e 20/10/2011 e fornecidas pelo ICMBIO. As 2 imagens juntas formam a região de estudo do entorno da FLONA do Assungui.

A concepção do trabalho foi de utilizar a mesma área de estudo do trabalho de Dumont (2015), portanto a mesma área que as Figuras 10 e 11 englobam.



FIGURA 10 - IMAGEM DA REGIÃO SUL DA FLONA E SEU ENTORNO, FORNECIDA PELO ICMBIO, 20/05/2011.

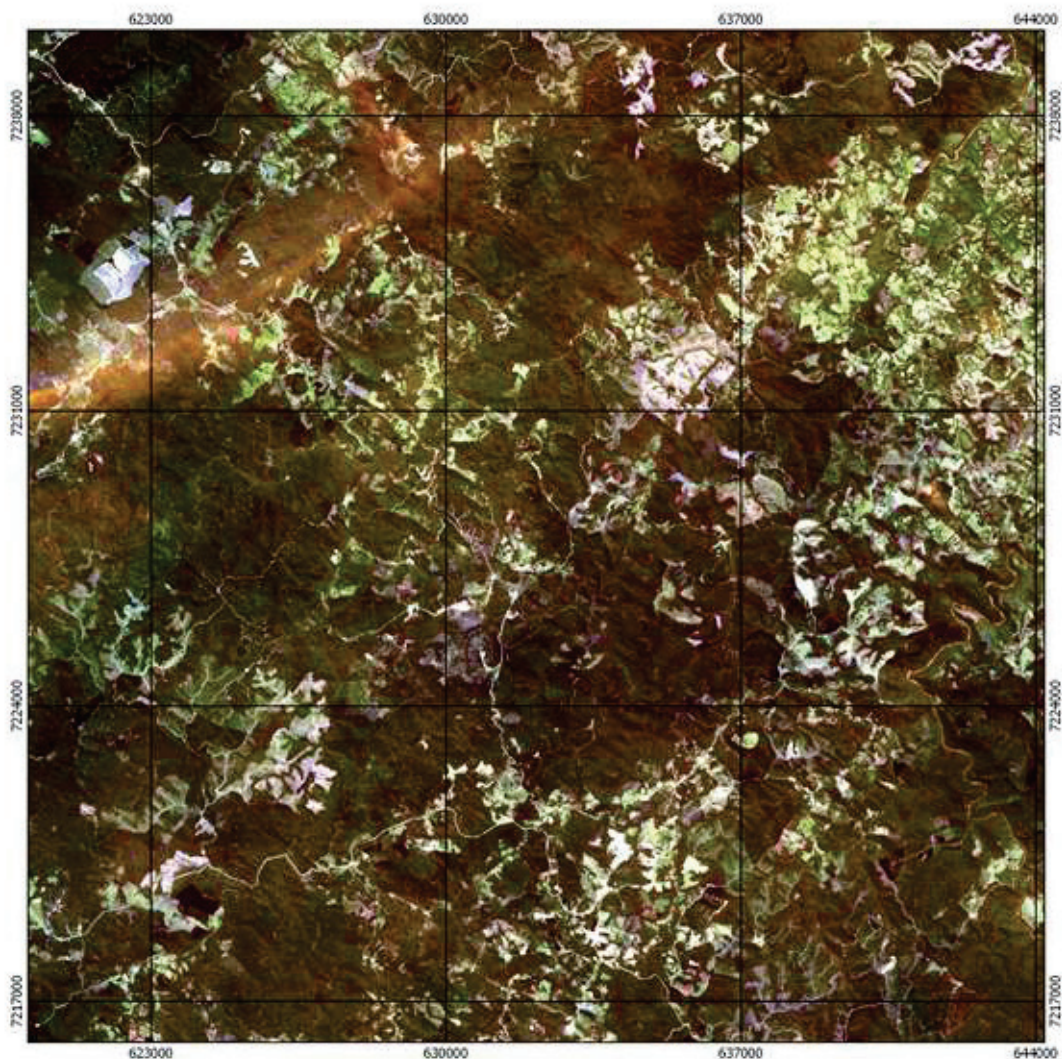


FIGURA 11 - IMAGEM DA REGIÃO NORTE DA FLONA E SEU ENTORNO, FORNECIDA PELO ICMBIO, 20/10/2011.

Outras imagens de diferentes datas foram baixadas pelo sistema do Geo Catálogo do Ministério do Meio Ambiente (GEO CATÁLOGO MMA). O MMA está disponibilizando imagens *RapidEye* para apoiar a obtenção de informações geospaciais relacionadas ao Programa de Regularização Ambiental (PRA), instituído pelo Decreto Presidencial nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. As imagens são disponibilizadas pelo *website* do Geo Catálogo como uma das estratégias para apoiar a ocupação sustentável das áreas rurais e sua valorização. Para fazer o *download* é necessário um cadastro prévio e estar vinculado à um órgão ou universidade pública, sendo necessário um acordo caso seja de um ambiente privado.

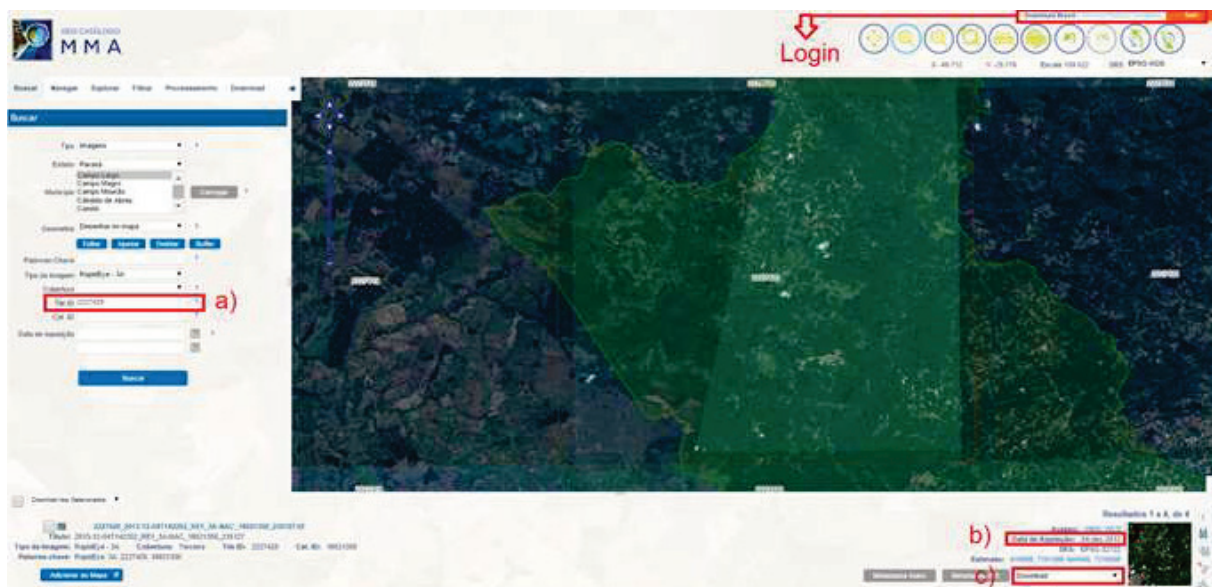


FIGURA 12 - WEBSITE DO GEO CATÁLOGO.

Para acessar as imagens, como já mencionado, primeiramente é necessário realizar um cadastro no Geo Catálogo. Em seguida, realizar o *login*, onde é mostrado na figura 12. Em seguida, pode-se realizar diversos tipos de busca ao lado esquerdo da página, sendo a demonstrada na figura 12 a) a busca por “*Tile ID*”, a identificação das imagens *RapidEye*. Utilizando as mesmas identificações das imagens do trabalho de Dumont (2015), é possível encontrar 2 regiões, mostradas na tabela 3:

TABELA 3 – IMAGENS *RAPIDEYE* E SUAS DATAS.

Cobertura:	Primeira	Segunda	Terceira
Tile ID: 2227520			
Parte Norte	07/08/2012	04/12/2013	21/09/2014
Tile ID: 2227420			
Parte Sul	07/08/2012	04/12/2013	21/09/2014

Na figura 12 é mostrado em b) onde é encontrada a data da imagem e em c) onde é possível fazer o *download*.

3.1.2. Cartas Topográficas

As cartas topográficas foram fornecidas e baixadas pelo Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx), acessado através do Geoportal do Exército Brasileiro, parte da INDE, necessitando de prévio cadastro. Possuem escala 1:50.000, curvas de nível com 20 metros de equidistância, erro gráfico de 0,2 milímetros, sistema de coordenadas UTM Datum SAD69. As cartas topográficas se encontravam georreferenciadas após seu *download*.

As cartas utilizadas e suas datas de publicação foram:

- TRÊS CÓRREGOS: 2005;
- PALMEIRA – E: 2004;
- CAMPO LARGO: 2004;
- PASSO DO PUPO: 2005;
- SOCAVÃO: 2001;
- ABAPÃ: 2001.

3.1.3. *Software* QGIS

O QGIS, ou como era conhecido anteriormente – Quantum Gis, é um Sistema de Informação Geográfica. O *software* é livre, licenciado sob *General Public License* (GNU), e um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo). Ele pode ser executado em Android, Linux, Unix, Mac OSX, e, tal qual o autor, Windows. A versão utilizada foi a 2.14.2.

O programa permite ao usuário criar mapas que podem ser constituídos por diferentes formatos, para diferentes usos, e com diversas camadas (raster ou vetorial) que utilizam diferentes projeções de mapa.

O software provê ao usuário um número crescente de aplicações devido aos seus Plugins, escritos em linguagem computacional *Python* ou C++, fazendo com que seus usuários também contribuam para um melhor aproveitamento de suas capacidades.

3.1.3.1. QGIS *Cloud Plugin*

QGIS *Cloud* é uma plataforma para a publicação de dados na internet compatível com as infraestruturas de dados espaciais. Com o *plugin*, é possível publicar projetos no QGIS como dados e mapas e compartilhar informação geográfica espacial com outros interessados. Cada usuário tem direito a publicar até 50 MB de arquivos de forma gratuita, ou assinar planos especiais com maior capacidade.

O QGIS *Cloud* é um complemento para o QGIS e poder ser instalado pelo próprio utilizando o seguinte caminho: *Plugins > Manage and install plugins*. Para conseguir utiliza-lo, é necessário um cadastro prévio no *website* do *plugin*: (<http://qgiscloud.com>). Após a instalação do *plugin* e cadastro, é necessário realizar o *login* dentro do QGIS, como mostra a figura 13. Após, pode-se adicionar arquivos e *shapefiles*, editando suas cores, nomes e legendas para tornar a IDE de melhor entendimento. Em seguida, com tudo pronto, é possível fazer *upload* dos dados e eles estarão disponíveis via *website* ou site *mobile* para celulares.

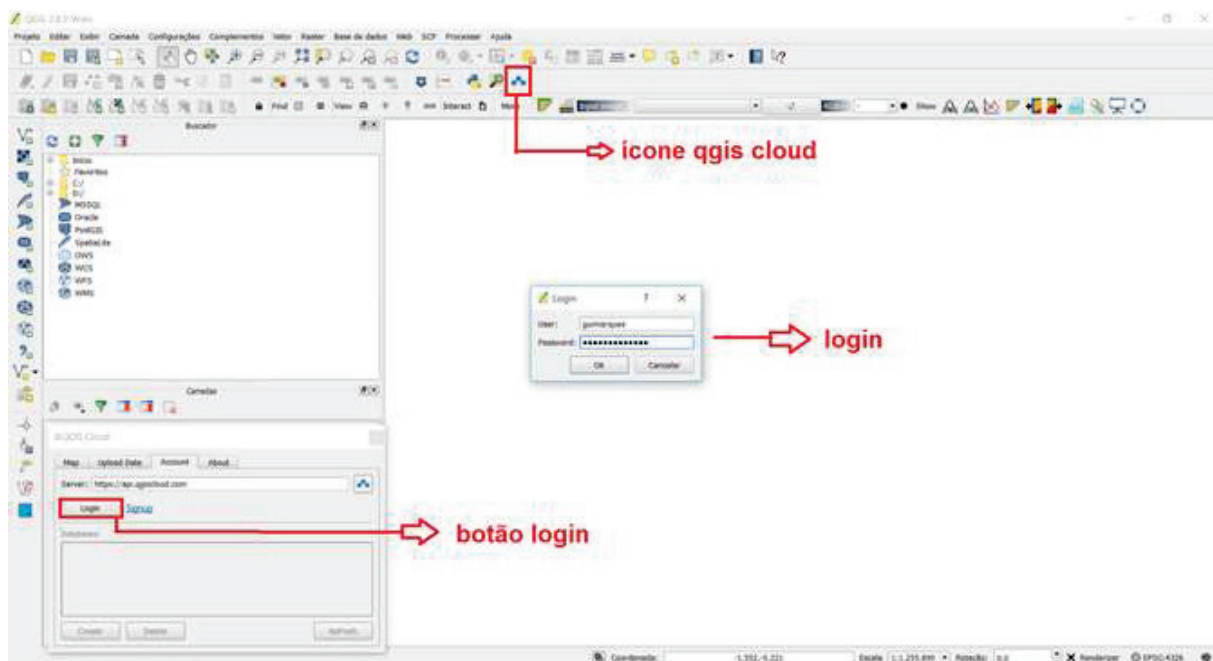


FIGURA 13 - LOGIN NO QGIS CLOUD.

3.1.4. Software Multispec

O *multispec* é um *software* de processamento para analisar interativamente imagens multiespectrais do planeta, como as produzidas por satélites *RAPIDEYE*, Landsat e outros. O programa é distribuído de forma gratuita e foi desenvolvido na Universidade Purdue na cidade de *West Lafayette*, Estados Unidos. A versão utilizada foi a 2.8.2016.

Algumas das funcionalidades presentes na versão e que foram utilizadas no trabalho são:

- Mostrar imagens multiespectrais em uma variedade de formatos usando diversas combinações de bandas e também mostrar as bandas separadas lado a lado;
- Definir classes de formato retangular ou poligonal para utilização como amostras de treinamento para a realização da classificação supervisionada ou amostras para teste para a avaliação dos resultados da classificação;

- A fácil utilização do método da divergência transformada, que é empregado para testar a separabilidade das classes;
- Realizar a classificação supervisionada com diversos algoritmos, como o da máxima verossimilhança.
- Listar os resultados da classificação para cada amostra, construir a matriz de erro e calcular o índice *Kappa*.

3.1.5. Coleta de Dados

Os dados em questão são os arquivos de mapas que serão utilizados para auxílio na classificação supervisionada. São eles:

- Sistema de Transporte

O sistema de transporte foi feito utilizando uma camada vetorial do *software* QGIS com feições em formato de linhas. Primeiramente foi adicionado o sistema de transporte que estava identificado nas cartas topográficas, sendo separado em Caminho Carroçável, Tráfego Periódico – 1 faixa, Tráfego permanente – 2 faixas, Rodovia Pavimentada – 3 faixas, Autoestrada – 4 faixas. Em seguida, constatou-se que as cartas topográficas estavam desatualizadas e uma grande quantidade de caminhos de terra não estavam presentes. Esta descoberta foi feita utilizando o *Google Satellite* pelo caminho: **Web > OpenLayers plugin > Google Maps > Google Satellite**, e foram também adicionados ao mapa. Esta identificação é demonstrada na Figura 14, onde é comparado a mesma região na carta topográfica e no *Google Satellite*. Nota-se diversos caminhos carroçáveis não presentes na carta (a simbologia da carta para caminho carroçável é a linha tracejada em preto).

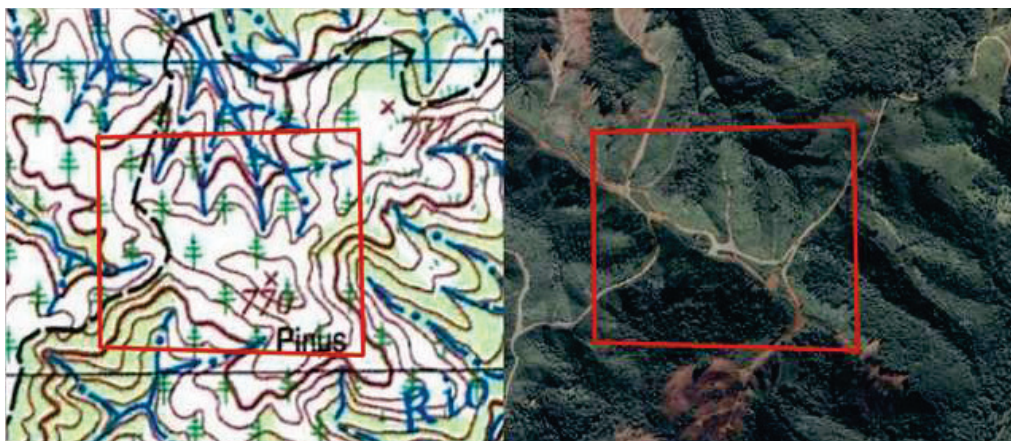


FIGURA 14 - DIFERENÇAS NO SISTEMA DE TRANSPORTE UTILIZANDO O GOOGLE SATELLITE.

- Hidrografia e Área de Preservação Permanente

O mapa da hidrografia e da área de preservação permanente foi realizado pelo trabalho de Patricio (2015), utilizando camadas vetoriais com feições de linha para cursos d'água com espessura não perceptível a olho nu, de polígono para cursos d'água com maior espessura e de ponto para as nascentes.

Para os mapas, foram utilizadas as cartas topográficas para identificar as nascentes e cursos d'água. Em seguida foi utilizada a função *Buffer* do QGIS pelo caminho: **Vetor > Geoprocessamento > Buffer(s)...**, dispondo das informações da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 para a criação do mapa de APP's. Uma pequena região do resultado de ambos os mapas está na figura 15.

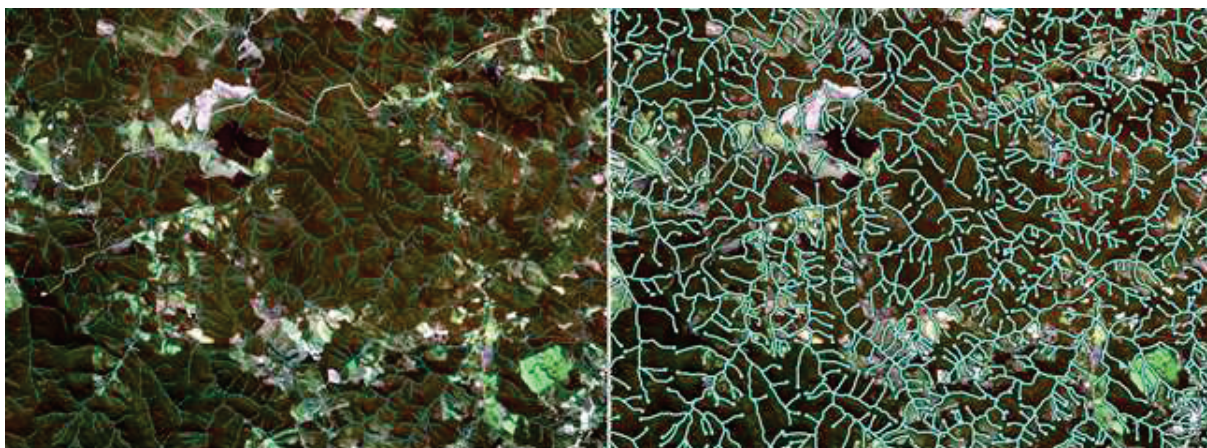


FIGURA 15 - MAPA DE EXEMPLO DE REGIÃO DA FLONA PARA A HIDROGRAFIA E ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE.

3.2. PROCEDIMENTOS

3.2.1. Classificação Supervisionada

Para este processo foi aplicado o *software Multispec* versão 2.8.2016. Foram testadas diversas combinações de bandas até conseguir uma melhor diferenciação e visualização das diferentes classes espectrais. A combinação que mais agradou foi a utilização das bandas 5-3-2 nos canais R-G-B, pois foi a melhor para visualizar a vegetação nativa e não nativa. Notou-se a presença de ruído em diversas imagens na banda 1, por este motivo a visualização ficou mais adequada sem a mesma.

Para cada imagem foram selecionadas 36 amostras de treinamento de cada classe para a realização da classificação. Este número foi escolhido pois é o suficiente para englobar toda a variação espectral dentro da mesma classe. Cada amostra selecionada possui uma quantidade de 25 pixels, totalizando 900 por classe. Todas as classes possuem o mesmo número de pixels amostrados, isto se deve à utilização do algoritmo da máxima verossimilhança que foi aplicado na classificação, já que uma quantidade menor de pixels amostrados para uma mesma classe resultaria em um peso maior para a mesma ao executar a classificação, o que não é desejado.

Na imagem da região norte foram selecionadas 3 classes. A classe da vegetação nativa, que inclui a Floresta Ombrófila Mista; o plantio florestal, que abrange plantios de espécies exóticas como o pinus e eucalipto; e as áreas abertas, que contém solo exposto, vegetação rasteira, estradas, regiões construídas e áreas de agricultura e pastagem. Para a imagem da região sul, foram selecionadas as mesmas classes com a adição do plantio de araucária da FLONA do Assungui. Isto é devido a confusão detectada quando a classificação foi realizada com somente as 3 classes iniciais.

Foi calculada a divergência transformada em cada imagem para obter o melhor índice de separabilidade entre as classes. No *Multispec*, isto é feito pelo caminho: *Processor > feature selection...* e selecionando na lista *transformed divergence*. O resultado gerado é exportado em formato de texto e inclui o índice da divergência transformada com todas as combinações de bandas da imagem. Este número pode variar de 0 a 2000, sendo números inferiores a 1700 o índice de separabilidade ruim, e superior a 1900, boa separabilidade. Este método foi considerado para indicar qual a melhor combinação de bandas para ser utilizada na classificação supervisionada.

Após esta seleção, a classificação foi realizada pelo caminho *processor > classify*.

3.2.2. Avaliação da Classificação

A avaliação da classificação foi feita utilizando a matriz de erro e o índice *Kappa*. Juntamente com as amostras de treinamento, foram selecionadas 12 amostras de teste com o tamanho de 25 pixels cada.

Tanto a matriz de erro quanto o índice *Kappa* são gerados automaticamente, selecionando a devida opção, junto com a classificação supervisionada pelo *software multispec*, e exportadas em um documento de texto.

3.2.3. Análise Multitemporal

A análise multitemporal foi executada através de uma álgebra de mapas utilizando o *software* QGIS 2.14.2. A função utilizada é encontrada no menu *raster > raster calculator*.

Numericamente, as classes da classificação supervisionada são: 1 para vegetação nativa; 2 para plantio florestal; 3 para áreas abertas; e 4 para plantio de Araucaria da FLONA do Assungui. Utilizando a função *raster calculator*, as classificações de 2011 foram multiplicadas por 1000, as de 2012 por 100 e as de 2013 por 10. E assim, todas foram somadas, sendo o resultado a evolução da paisagem na região.

Por exemplo, um pixel que esteja com valor 1133 é uma região classificada como vegetação nativa em 2011 e 2012 e que passou a ser classificada como área aberta em 2013 e 2014, demonstrando alguma forma de remoção da vegetação. Este exemplo e seu cálculo é demonstrado pelas figuras 16 e 17.

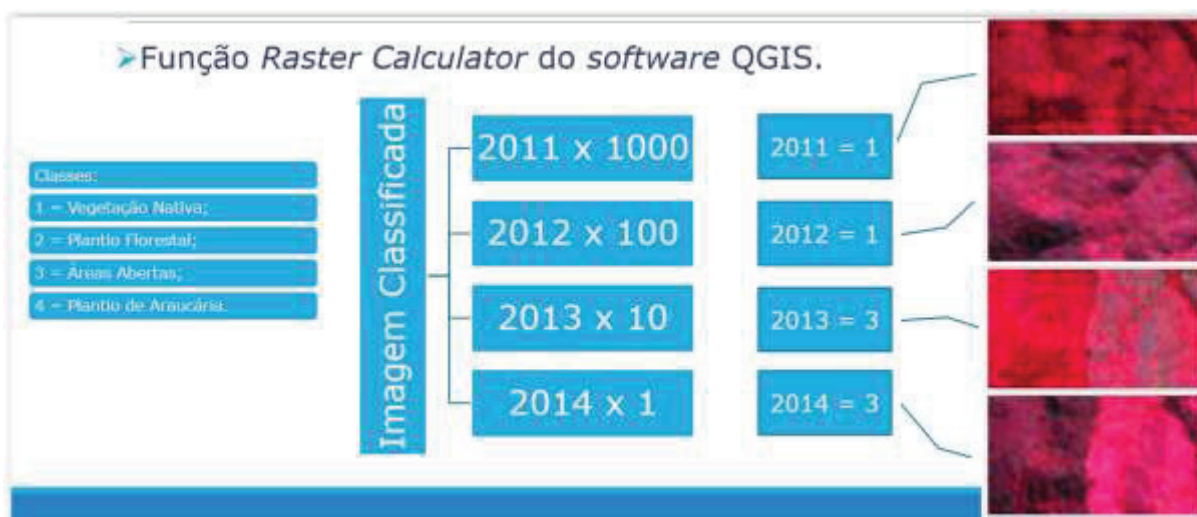


FIGURA 16 – ÁLGEBRA DE MAPAS E EXEMPLO PARA A ANÁLISE MULTITEMPORAL.

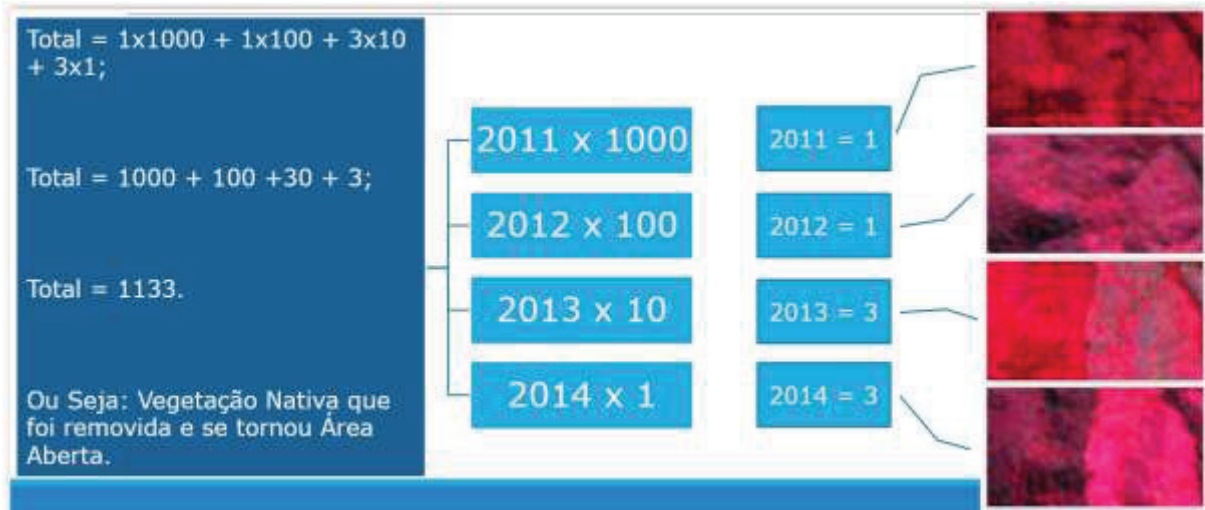


FIGURA 17 – EXEMPLO DE ANÁLISE MULTITEMPORAL.

3.2.4. Publicação em Nuvem

A publicação em nuvem foi realizada pelo *plugin* QGIS *Cloud* disponível pelo próprio *software* QGIS. Devido a limitação de 50Mb de dados disponíveis gratuitamente, somente foi possível disponibilizar uma das imagens de classificação. O mapa escolhido foi a da classificação da região sul do ano de 2014.

Para a publicação, é necessário organizar os mapas a serem publicados no próprio QGIS, definindo suas cores, nomes e outras informações relevantes. Assim, é possível realizar o *upload* pelo caminho: *Plugins* > *Cloud* > *Cloud Settings*. Primeiramente realizar o *login* pela aba *Account* > *Login*. Em seguida fazer o *upload* pela aba *Upload Data* e publicar na internet na aba *Map* > *Publish Map*.

4. RESULTADOS

4.1. CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

Os mapas de classificação supervisionada se encontram no apêndice B. Os relatórios emitidos pelo multispec sobre o cálculo da divergência transformada para cada imagem se encontram no apêndice C. Ambos são separados por anos, de 2011 até 2014, e também pela imagem, sendo a parte norte ou a parte sul da área de estudo. Nos itens 4.1.1 a 4.1.4 serão mostrados às matrizes de erro e índices *Kappa* de cada imagem, assim como a distribuição de classes por área.

A classificação teve resultados variados para cada imagem, podendo ser explicados pela presença de sombra e ruído em algumas das imagens, estes que estavam presentes de forma diferenciada em cada ano. A figura 18 mostra a imagem de 2011 Sul (bandas 1 e 2), à que apresentou uma quantidade maior de ruído. Pode-se notar a presença de ruído na banda 1 e por este motivo foi utilizado o método da divergência transformada para identificar a melhor combinação de bandas para as amostras da classificação.

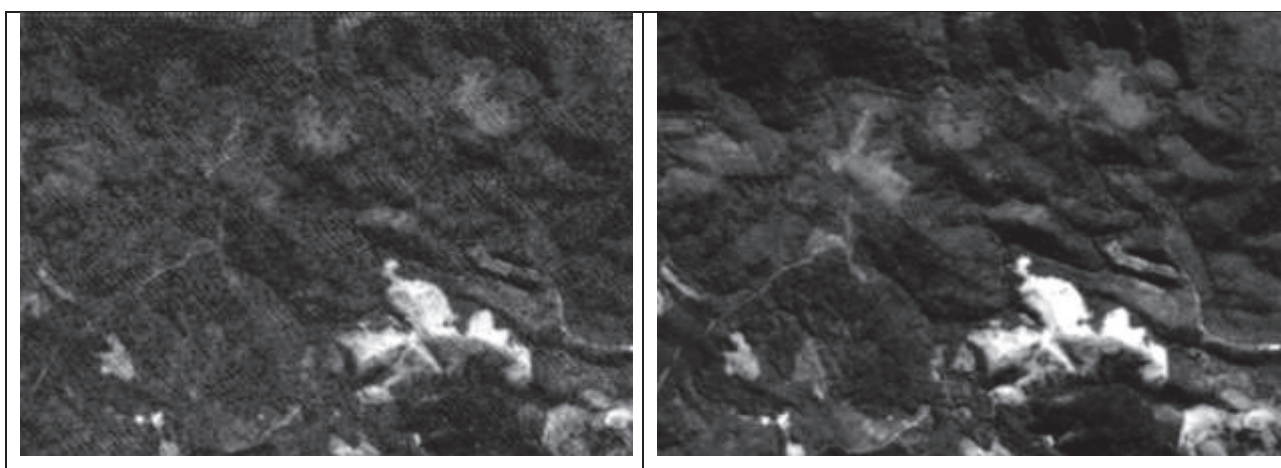


FIGURA 18 – RUÍDO NA IMAGEM SUL DE 2011 – BANDAS 1 E 2.

Inicialmente, pode-se afirmar que a imagem que apresentou a melhor classificação foi datada em dezembro de 2013, apresentando a menor quantidade de sombra devido à época do ano. Uma comparação da mesma região da imagem sul

em 2011 e 2013 pode ser vista na figura 19, exemplificando a presença de sombra na imagem de 2011. Foi utilizada a combinação de bandas 5-3-2 nos canais R-G-B pois ela facilita a visualização da sombra. A presença de sombra nas imagens se encontra principalmente na região de vegetação nativa, ocorrendo também em uma quantidade irrelevante na classe do plantio florestal.

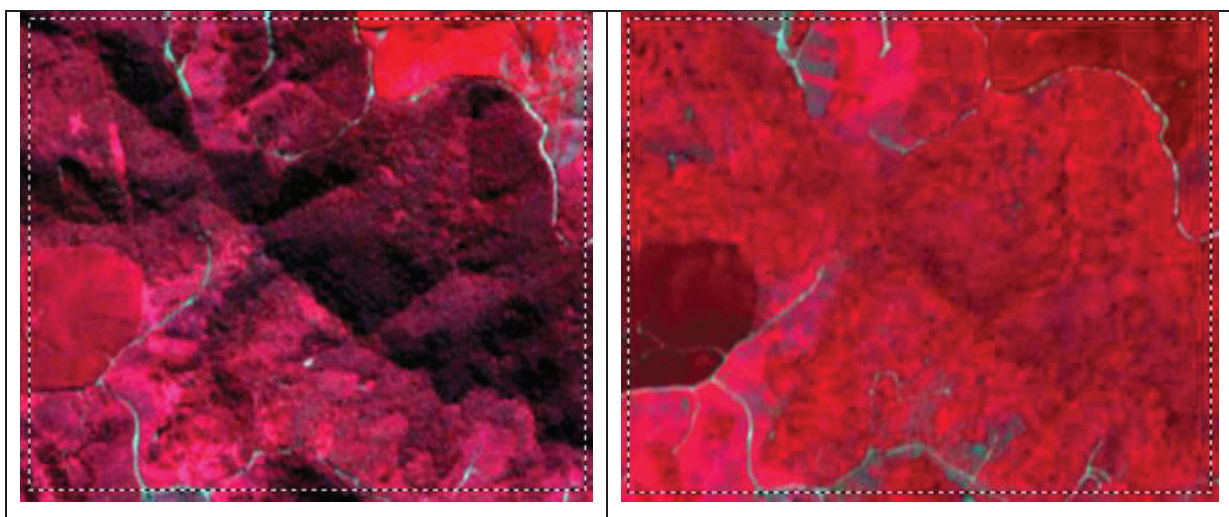


FIGURA 19 – PRESENÇA DE SOMBRA EM 2011 (MAIO) E AUSÊNCIA EM 2013 (DEZEMBRO).

Tanto a presença de sombra como a de ruído influenciaram na classificação da imagem, gerando pixels isolados de classificação incorreta em algumas regiões. A confusão ocorreu no conflito entre a vegetação nativa e o plantio florestal principalmente, sendo as áreas abertas as que apresentaram a menor quantidade de pixels isolados classificados incorretamente. Esta informação é mostrada pelas matrizes de erro nos itens 4.1.1 a 4.1.4, onde pode ser observada a acurácia da classificação das regiões. As áreas abertas geralmente são classificadas mais satisfatoriamente.

Outro problema encontrado é a grande variação espectral encontrada em regiões de plantio florestal, assim como de floresta nativa. A figura 20 mostra uma parte da imagem norte de 2012 e sua classificação. Nota-se que a área aberta (amarelo) foi classificada corretamente, entretanto, o plantio florestal presente na parte central da figura está incorreto. Os valores de pixel para cada banda no caso do plantio florestal variam bastante, e até se aproximam dos valores de vegetação nativa, que por si também já são variados. Assim, o classificador não conseguiu distinguir este tipo de plantio florestal.

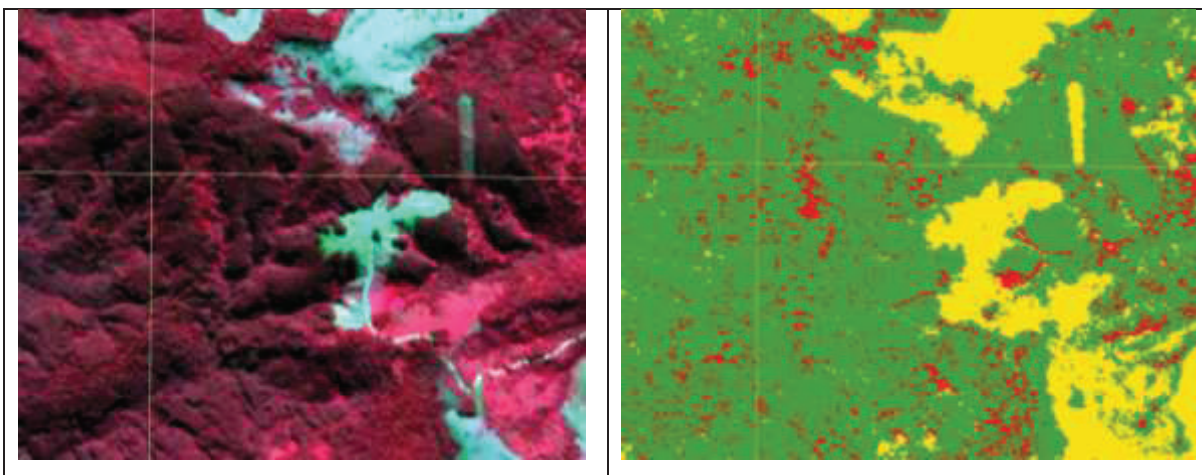


FIGURA 20 – ERRO DE CLASSIFICAÇÃO DEVIDO À GRANDE VARIAÇÃO DE RESPOSTA ESPECTRAL.

A tabela 4 mostra a distribuição das classes das classificações em percentual e área (hectares) que são geradas após a classificação no *software Multispec* para as imagens de 2011.

TABELA 4 – DISTRIBUIÇÃO DE CLASSES POR ÁREA.

NORTE	Classe	2011		2012		2013		2014	
		Área (Hectares)	Porcentagem	Área (Hectares)	Porcentagem	Área (Hectares)	Porcentagem	Área (Hectares)	Porcentagem
	Vegetação Nativa	32.054,00	51,3	38.269,90	61,2	36.793,50	58,9	34.211,80	54,7
	Plantio Florestal	11.318	18,1	10.347,80	16,6	10.535,10	16,9	13.957,60	22,3
	Áreas Abertas	19.128	30,6	13.882,30	22,2	15.171,40	24,3	14.330,70	22,9
	TOTAL	62.500	100	62.500	100	62.500	100	62.500	100

SUL	Classe	2011		2012		2013		2014	
		Área (Hectares)	Porcentagem	Área (Hectares)	Porcentagem	Área (Hectares)	Porcentagem	Área (Hectares)	Porcentagem
	Vegetação Nativa	30.631,10	49	34.463,00	55,1	34.359,60	54,98	35.086,40	56,1
	Plantio Florestal	7.890	12,6	5.613,70	9	6.650,90	10,64	8.868,50	14,20
	Áreas Abertas	18.059	28,9	16.743,10	26,8	20.972,80	33,56	16.893,50	27,00
	Plantio de Araucária	5.919,50	9,5	5.680,30	9,1	516,7	0,83	1.651,70	2,6
	TOTAL	62.500	100	62.500	100	62.500	100,01	62.500	99,9

4.1.1. 2011

Nas figuras 21 e 22 são mostrados os resultados da matriz de erro e índice *Kappa* das classificações das imagens de 2011 para as amostras de teste, gerados pelo *software Multispec*. Para todas as classificações, as classes são:

- 1: Vegetação Nativa;

- 2: Plantio Florestal;
- 3: Áreas abertas;
- 4: Plantio de araucária da FLONA do Assungui (usado somente nas imagens ao sul da região).

TEST CLASS PERFORMANCE

Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class		
				1 n	2 p	3 a
n	1	85.3	300	256	30	14
p	2	90.0	300	25	270	5
a	3	92.3	300	0	23	277
TOTAL			900	281	323	296
Reliability Accuracy (%)*				91.1	83.6	93.6

OVERALL CLASS PERFORMANCE (803 / 900) = 89.2%
 Kappa Statistic (X100) = 83.8%. Kappa Variance = 0.000240.

FIGURA 21 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE *KAPPA* PARA AMOSTRAS DE TESTE DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2011.

TEST CLASS PERFORMANCE

Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class			
				1 n	2 p	3 a	4 araucaria
n	1	74.7	300	224	52	0	24
p	2	84.7	300	44	254	0	2
a	3	99.0	300	1	2	297	0
araucaria	4	99.3	300	0	2	0	298
TOTAL			1200	269	310	297	324
Reliability Accuracy (%)*				83.3	81.9	100.0	92.0

OVERALL CLASS PERFORMANCE (1073 / 1200) = 89.4%
 Kappa Statistic (X100) = 85.9%. Kappa Variance = 0.000140.

FIGURA 22 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE *KAPPA* PARA AMOSTRAS DE TESTE DA CLASSIFICAÇÃO SUL, 2011.

As figuras 23 e 24 mostram os resultados da matriz de erro e índice *Kappa* das classificações das imagens de 2011 para as amostras de treinamento.

TRAINING CLASS PERFORMANCE (Resubstitution Method)							
Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class			
				1 n	2 p	3 a	
n	1	89.2	900	803	87	10	
p	2	89.3	900	90	804	6	
a	3	97.9	900	5	14	881	
TOTAL			2700		898	905	897
Reliability Accuracy (%)*					89.4	88.8	98.2
OVERALL CLASS PERFORMANCE (2488 / 2700) = 92.1%							
Kappa Statistic (X100) = 88.2%. Kappa Variance = 0.000060.							

FIGURA 23 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE KAPPA PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2011.

TRAINING CLASS PERFORMANCE (Resubstitution Method)								
Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class				
				1 n	2 p	3 a	4 araucaria	
n	1	77.6	900	698	81	7	114	
p	2	74.9	900	154	674	6	66	
a	3	96.7	900	6	24	870	0	
araucaria	4	95.6	900	32	8	0	860	
TOTAL			3600		890	787	883	1040
Reliability Accuracy (%)*					78.4	85.6	98.5	82.7
OVERALL CLASS PERFORMANCE (3102 / 3600) = 86.2%								
Kappa Statistic (X100) = 81.6%. Kappa Variance = 0.000059.								

FIGURA 24 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE KAPPA PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO SUL, 2011.

Pode-se notar que a classe de áreas abertas possui maior acurácia em relação às outras, com exceção a classe araucária da imagem sul, mesmo que seja um valor próximo.

Estas imagens apresentaram problema de ruído e de sombra, e além disso existiu confusão entre as classes de vegetação nativa e plantio florestal, como é mostrada pela acurácia do usuário da classe vegetação nativa. Porém, apesar do ruído presente na banda 1, o melhor resultado de classificação foi obtido utilizando a mesma no processo de classificação. Isto pode ser mostrado pelo cálculo da

divergência transformada no apêndice C. Também foram observadas as classificações utilizando ou não a banda 1. A região com sombra foi incluída na classe de vegetação nativa e assim ela foi classificada corretamente, contando somente com poucas classificações incorretas de pixels isolados. As imagens norte e sul de 2011 foram disponibilizadas em épocas do ano diferentes, a do Sul em maio e do Norte em outubro. Assim, as imagens apresentam situação de sombra distinta. A classificação que apresentou maiores problemas foi a da imagem Sul, isto é mostrado pela menor acurácia da classificação da vegetação nativa na imagem Sul.

Observa-se também confusão da classe de plantio florestal com a classe de áreas abertas na imagem norte, como pode ser observado na figura 21 o grau de acurácia de 92,3% para a classe áreas abertas e os valores que foram classificados incorretamente entre estas 2 classes (23 pixels de área aberta foram classificados como plantio florestal). Esta confusão pode ser explicada pela semelhança espectral de regiões com vegetação rasteira (exemplo: pinus recém-plantado) e o plantio florestal em crescimento (exemplo: pinus em crescimento, porém ainda pequeno).

4.1.2. 2012

Os resultados da matriz de erro e índice *Kappa* da classificação das imagens para as amostras de teste de 2012 são mostrados nas figuras 25 e 26.

TEST CLASS PERFORMANCE

Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class			
				1 n	2 p	3 a	
n	1	95.0	300	285	15	0	
p	2	85.0	300	45	255	0	
a	3	93.7	300	0	19	281	
TOTAL				900	330	289	281
Reliability Accuracy (%)*					86.4	88.2	100.0

OVERALL CLASS PERFORMANCE (821 / 900) = 91.2%

Kappa Statistic (X100) = 86.8%. Kappa Variance = 0.000200.

FIGURA 25 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE *KAPPA* DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2012.

TEST CLASS PERFORMANCE

Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class				
				1 n	2 p	3 a	4 flona	
n	1	93.7	300	281	5	1	13	
p	2	88.3	300	33	265	0	2	
a	3	96.0	300	12	0	288	0	
flona	4	92.0	300	24	0	0	276	
TOTAL			1200		350	270	289	291
Reliability Accuracy (%)*					80.3	98.1	99.7	94.8

OVERALL CLASS PERFORMANCE (1110 / 1200) = 92.5%
 Kappa Statistic (X100) = 90.0%. Kappa Variance = 0.000103.

FIGURA 26 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE *KAPPA* DA CLASSIFICAÇÃO SUL, 2012.

Os resultados da matriz de erro e índice *Kappa* da classificação das imagens para as amostras de treinamento de 2012 são mostrados nas figuras 27 e 28.

TRAINING CLASS PERFORMANCE (Resubstitution Method)

Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class			
				1 n	2 p	3 a	
n	1	93.9	900	845	49	6	
p	2	86.2	900	121	776	3	
a	3	97.4	900	0	23	877	
TOTAL			2700		966	848	886
Reliability Accuracy (%)*					87.5	91.5	99.0

OVERALL CLASS PERFORMANCE (2498 / 2700) = 92.5%
 Kappa Statistic (X100) = 88.8%. Kappa Variance = 0.000058.

FIGURA 27 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE *KAPPA* PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2012.

TRAINING CLASS PERFORMANCE (Resubstitution Method)								
Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class				
				1 n	2 p	3 a	4 flona	
n	1	87.8	925	812	26	20	67	
p	2	88.9	900	30	800	1	69	
a	3	95.7	900	14	25	861	0	
flona	4	95.5	875	31	8	0	836	
TOTAL			3600		887	859	882	972
Reliability Accuracy (%)*					91.5	93.1	97.6	86.0
OVERALL CLASS PERFORMANCE (3309 / 3600) = 91.9%								
Kappa Statistic (X100) = 89.2%. Kappa Variance = 0.000037.								

FIGURA 28 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE *KAPPA* PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO SUL, 2012.

Os problemas encontrados na classificação de 2012, tanto da imagem Sul como Norte, são os mesmos encontrados na classificação de 2011. O problema com a sombra foi resolvido da mesma forma, adicionando áreas de interesse de vegetação nativa que estivessem completamente em região sombreada. Porém, o ruído presente na banda 1 da imagem de 2012 foi menos aparente. Isto é mostrado pelo índice *Kappa* superior das classificações de 2012 e pelo cálculo da divergência transformada que se encontra no apêndice C.

Nota-se a grande acurácia na classe áreas abertas, com problema semelhante na imagem norte, a confusão de vegetação rasteira com plantio florestal em crescimento.

4.1.3. 2013

Os resultados da matriz de erro e índice *Kappa* da classificação das imagens de 2013 para as amostras de teste são mostrados nas figuras 29 e 30.

TEST CLASS PERFORMANCE

Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class			
				1 n	2 p	3 a	
n	1	100.0	300	300	0	0	
p	2	99.7	300	1	299	0	
a	3	100.0	300	0	0	300	
TOTAL				900	301	299	300
Reliability Accuracy (%)*					99.7	100.0	100.0

OVERALL CLASS PERFORMANCE (899 / 900) = 99.9%

Kappa Statistic (X100) = 99.8%. Kappa Variance = 0.000003.

FIGURA 29 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE *KAPPA* DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2013.

TEST CLASS PERFORMANCE

Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class				
				1 n	2 p	3 a	4 flona	
n	1	88.0	300	264	36	0	0	
p	2	96.0	300	3	288	0	9	
a	3	100.0	300	0	0	300	0	
flona	4	97.7	300	0	7	0	293	
TOTAL				1200	267	331	300	302
Reliability Accuracy (%)*					98.9	87.0	100.0	97.0

OVERALL CLASS PERFORMANCE (1145 / 1200) = 95.4%

Kappa Statistic (X100) = 93.9%. Kappa Variance = 0.000065.

FIGURA 30 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE *KAPPA* DA CLASSIFICAÇÃO SUL, 2013.

Os resultados da matriz de erro e índice *Kappa* da classificação das imagens para as amostras de treinamento de 2013 são mostrados nas figuras 31 e 32.

TRAINING CLASS PERFORMANCE (Resubstitution Method)							
Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class			
				1 n	2 p	3 a	
n	1	93.4	925	864	37	24	
p	2	96.7	875	29	846	0	
a	3	97.0	900	27	0	873	
TOTAL			2700		920	883	897
Reliability Accuracy (%)*					93.9	95.8	97.3
OVERALL CLASS PERFORMANCE (2583 / 2700) = 95.7%							
Kappa Statistic (X100) = 93.5%. Kappa Variance = 0.000035.							

FIGURA 31 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE *KAPPA* PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2013.

TRAINING CLASS PERFORMANCE (Resubstitution Method)								
Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class				
				1 n	2 p	3 a	4 flona	
n	1	91.7	900	825	54	21	0	
p	2	95.9	900	26	863	0	11	
a	3	96.1	900	35	0	865	0	
flona	4	97.1	900	0	26	0	874	
TOTAL			3600		886	943	886	885
Reliability Accuracy (%)*					93.1	91.5	97.6	98.8
OVERALL CLASS PERFORMANCE (3427 / 3600) = 95.2%								
Kappa Statistic (X100) = 93.6%. Kappa Variance = 0.000023.								

FIGURA 32 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE *KAPPA* PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2013.

As imagens de 2013 apresentaram a melhor classificação, como é mostrado pelo índice *Kappa*. As classificações possuíram o menor número de pixels isolados com classificação incorreta.

O resultado satisfatório pode ser explicado pela quantidade imperceptível de sombra das imagens de 2013. As imagens são datadas em dezembro de 2013, portanto, o sol se encontra mais próximo ao zênite comparado às outras imagens. O ruído na banda 1 também estava presente em menor grau e mesmo assim o cálculo da divergência transformada (Apêndice C) mostrou que a melhor separabilidade seria com as 5 bandas.

Apesar da qualidade da classificação, as imagens de dezembro de 2013 possuem nuvens. A presença de nuvens é explicada por ser período de verão na área de estudo quando a imagem foi obtida. As nuvens ocupam áreas grandes e impossibilitam a classificam na região em que ela se encontra. Isto ainda é ampliado pela região de sombra que a nuvem gera abaixo da mesma. As nuvens e suas sombras estão presentes em 0,5% da imagem norte e 0,9% da imagem sul.

4.1.4. 2014

Os resultados da matriz de erro e índice Kappa da classificação das imagens de 2014 para amostras de teste são mostrados nas figuras 33 e 34.

TEST CLASS PERFORMANCE

Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class		
				1 n	2 p	3 a
n	1	92.3	300	277	8	15
p	2	77.3	300	67	232	1
a	3	100.0	300	0	0	300
TOTAL			900	344	240	316
Reliability Accuracy (%)*				80.5	96.7	94.9

OVERALL CLASS PERFORMANCE (809 / 900) = 89.9%

Kappa Statistic (X100) = 84.8%. Kappa Variance = 0.000224.

FIGURA 33 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE *KAPPA* DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2014.

TEST CLASS PERFORMANCE

Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class				
				1 n	2 p	3 a	4 araucaria	
n	1	97.3	300	292	5	0	3	
p	2	89.3	300	24	268	0	8	
a	3	90.0	300	11	19	270	0	
araucaria	4	95.3	300	0	14	0	286	
TOTAL				1200	327	306	270	297
Reliability Accuracy (%)*					89.3	87.6	100.0	96.3

OVERALL CLASS PERFORMANCE (1116 / 1200) = 93.0%

Kappa Statistic (X100) = 90.7%. Kappa Variance = 0.000096.

FIGURA 34 – MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE *KAPPA* DA CLASSIFICAÇÃO SUL, 2014.

Os resultados da matriz de erro e índice *Kappa* da classificação das imagens para as amostras de treinamento de 2014 são mostrados nas figuras 35 e 36.

TRAINING CLASS PERFORMANCE (Resubstitution Method)

Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class			
				1 n	2 p	3 a	
n	1	89.8	900	808	71	21	
p	2	82.3	900	149	741	10	
a	3	98.6	900	13	0	887	
TOTAL				2700	970	812	918
Reliability Accuracy (%)*					83.3	91.3	96.6

OVERALL CLASS PERFORMANCE (2436 / 2700) = 90.2%

Kappa Statistic (X100) = 85.3%. Kappa Variance = 0.000073.

FIGURA 35 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE *KAPPA* PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2014.

TRAINING CLASS PERFORMANCE (Resubstitution Method)								
Project Class Name	Class Number	Reference Accuracy+ (%)	Number Samples	Number of Samples in Class				
				1 n	2 p	3 a	4 araucaria	
n	1	93.3	900	840	40	12	8	
p	2	91.1	900	26	820	5	49	
a	3	94.9	900	26	20	854	0	
araucaria	4	97.6	900	2	20	0	878	
TOTAL			3600		894	900	871	935
Reliability Accuracy (%)*					94.0	91.1	98.0	93.9
OVERALL CLASS PERFORMANCE (3392 / 3600) = 94.2%								
Kappa Statistic (X100) = 92.3%. Kappa Variance = 0.000027.								

FIGURA 36 - MATRIZ DE ERRO E ÍNDICE *KAPPA* PARA AMOSTRAS DE TREINAMENTO DA CLASSIFICAÇÃO NORTE, 2014.

As imagens de 2014 são datadas em setembro, assim, a posição do sol não se encontra o mais próximo possível ao zênite, gerando também problemas de sombra. As regiões de vegetação nativa sombreada foram incluídas nas seleções de área de treinamento para vegetação nativa. Além disso, a banda 1 das imagens também apresenta ruído, apesar de não ser tão problemático como a imagem de 2011.

Apesar do ruído presente na banda 1, assim como nas outras imagens, o cálculo da divergência transformada indicou uma melhor separabilidade para a utilização das 5 bandas, como é mostrado no apêndice C.

Os valores do índice *Kappa* para a classificação calculado pelas amostras de teste ou de treinamento são relativamente aproximados em todas as imagens, sendo que 4 das 8 imagens, os resultados das amostras de treinamento obtiveram valores maiores. Este fator pode indicar uma dificuldade com a obtenção de amostras de classe vegetação nativa, já que sua variação de resposta espectral é ampla.

4.2. ANÁLISE MULTITEMPORAL

Os mapas de análise multitemporal das classificações norte e sul se encontram no apêndice D.

As modificações nas classificações ao passar do tempo foram denominadas como os seguintes itens:

- Vegetação Nativa Permanente: a vegetação nativa que não foi modificada com o passar dos 4 anos de imagens usadas na classificação. Exemplo: 1111;
- Crescimento de Vegetação Nativa: é a região que em algum momento passou a ser classificada como uma vegetação nativa (anteriormente poderia ser plantio florestal ou área aberta). Exemplo: 3311;
- Remoção de Vegetação Nativa: região de vegetação nativa que passou a ser classificada como área aberta ou plantio florestal. Exemplo: 1133;
- Plantio Florestal Permanente: região onde a classe plantio florestal não foi modificada com o passar do tempo. Exemplo: 2222;
- Crescimento de Plantio Florestal: transição de área aberta para plantio florestal. Exemplo: 3222;
- Colheita: transição de plantio florestal para área aberta. Exemplo: 2223;
- Áreas Abertas Permanentes: região onde a classe área aberta não foi modificada com o passar do tempo. Exemplo: 3333;
- Erro: classe onde as combinações de mudanças de uso do solo podem indicar algum erro. Exemplo: presença de nuvem que tornou o agrupamento de classes como 1131.

Para a imagem norte, que possui 3 classes de classificação, existem 81 possíveis combinações de mudança de uso do solo, sendo que todas foram agrupadas nas denominações citadas. Para a imagem sul são 256 combinações. Cada denominação comporta as possíveis mudanças de uso que ocorrem, como exemplo de região de crescimento de plantio florestal, algumas combinações possíveis são: 3222, 3322 e 3332, ou regiões de transição que apresentaram inicialmente o crescimento do plantio como 3223.

Esta análise multitemporal ajuda a visualizar áreas de possíveis problemas na classificação.

A classe erro é composta principalmente por 2 erros de classificação que ocorreram. A confusão de vegetação nativa com plantio florestal em algumas regiões

da imagem gerou pixels isolados classificados incorretamente, estes que foram calculados como erro na álgebra de mapas da análise multitemporal. Outro erro é mostrado nas figuras 37 e 38, regiões de vegetação nativa nos anos de 2011, 2012 e 2014 que foram classificados incorretamente na imagem de 2013 devido à presença de nuvens.



FIGURA 37 – REGIÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA COM NUVEM NA IMAGEM DE 2013.

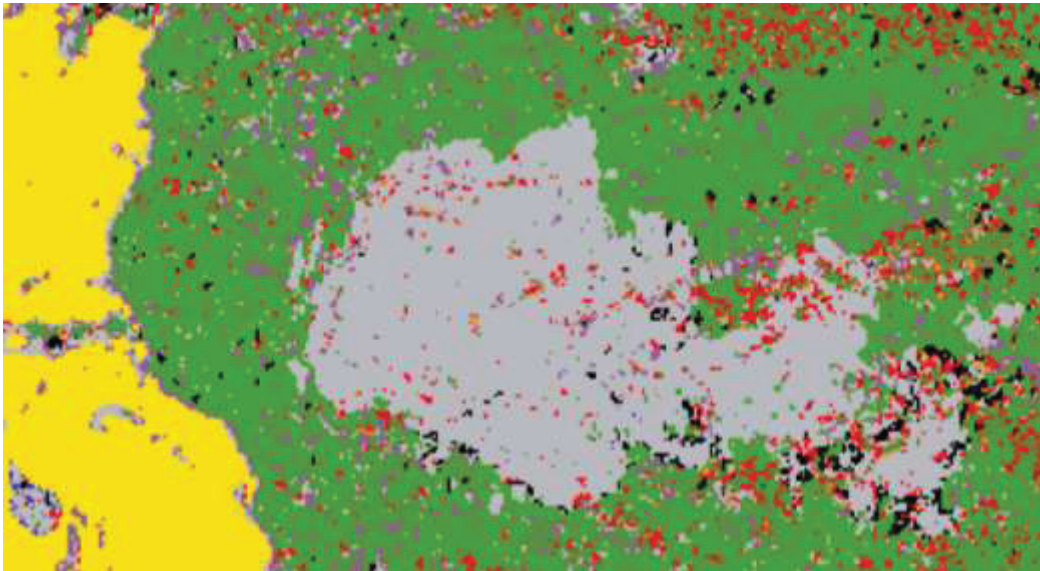


FIGURA 38 – REGIÃO CALCULADA COMO ERRO (CINZA) DEVIDO À PRESENÇA DE NUVEM NA IMAGEM DE 2013.

A classe de remoção de vegetação nativa também foi afetada devido à presença de nuvens. Isto é mostrado pela figura 39, onde em 2011 e 2012 a região foi classificada como vegetação nativa, e em 2013 e 2014 foi classificada erroneamente de forma que o cálculo considerou como remoção da mata nativa (vermelho). Apesar disso, a região vermelha representou a remoção de mata nativa, sendo transformada em área aberta ou plantio florestal, como é mostrado pela figura 40.

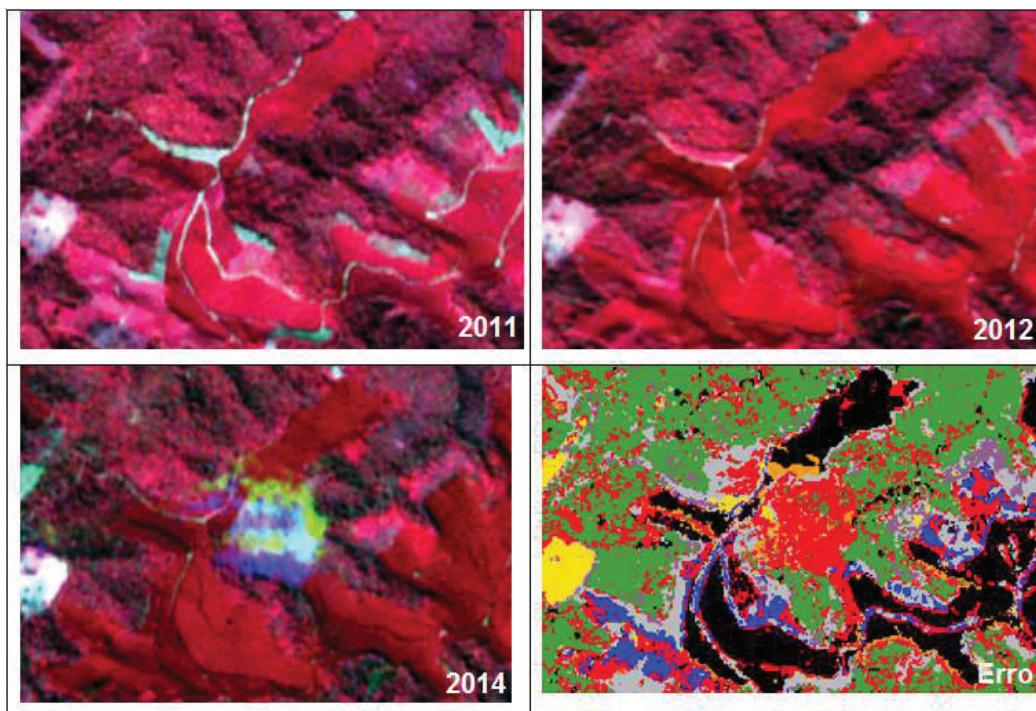


FIGURA 39 – VEGETAÇÃO NATIVA CALCULADA COM O ERRO DA NUVEM DA IMAGEM DE 2014.

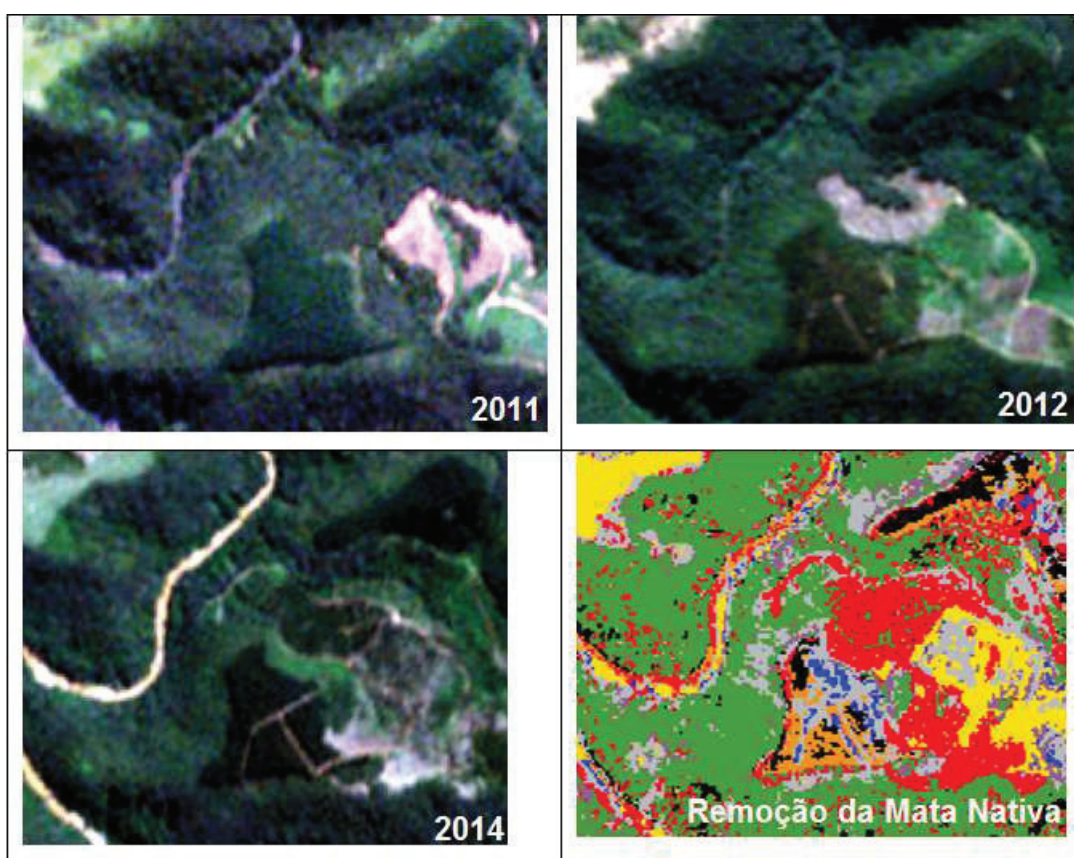


FIGURA 40 – REGIÃO ONDE HOUVE REMOÇÃO DE MATA NATIVA (VERMELHO).

Levando em consideração a observação das imagens e a maior confiabilidade das classes permanentes, é possível utilizar a análise multitemporal como um estudo auxiliar para a identificação de regiões de risco ou que possam servir como corredores ecológicos.

As tabelas 5 e 6 apresentam as áreas por cada classe calculada na análise multitemporal.

TABELA 5 – ÁREAS POR CLASSE DA ANÁLISE MULTITEMPORAL DA REGIÃO NORTE.

NORTE	Legenda	Área (Km ²)	Porcentagem
	Vegetação Nativa Permanente	227,95	36,5%
	Crescimento de Vegetação Nativa	79,12	12,7%
	Remoção de Vegetação Nativa	74,32	11,9%
	Plantio Florestal Permanente	9,57	1,5%
	Crescimento de Plantio Florestal	12,47	2,0%
	Colheita	37,48	6,0%
	Áreas Abertas Permanentes	83,29	13,3%
	Erro	100,80	16,1%
	TOTAL	625,00	100,0%

TABELA 6 – ÁREAS POR CLASSE DA ANÁLISE MULTITEMPORAL DA REGIÃO SUL.

SUL	Legenda	Área (Km ²)	Porcentagem
	Vegetação Nativa Permanente	252,25	40,4%
	Crescimento de Vegetação Nativa	69,15	11,1%
	Remoção de Vegetação Nativa	37,61	6,0%
	Plantio Florestal Permanente	31,88	5,1%
	Crescimento de Plantio Florestal	10,86	1,7%
	Colheita	5,56	0,9%
	Áreas Abertas Permanentes	126,38	20,2%
	Erro	91,31	14,6%
	TOTAL	625,00	100,0%

4.3. PUBLICAÇÃO EM NUVEM

A publicação pelo QGIS Cloud está disponível em:

<http://qgiscloud.com/guimaraes/class_sul_2014>, ou pelo *website* mobile:

<http://m.qgiscloud.com/guimaraes/class_sul_2014>.

Foi possível publicar somente um dos mapas de classificação supervisionada devido à limitação de 50 Mb gratuitos. A figura 41 mostra o resultado da publicação.

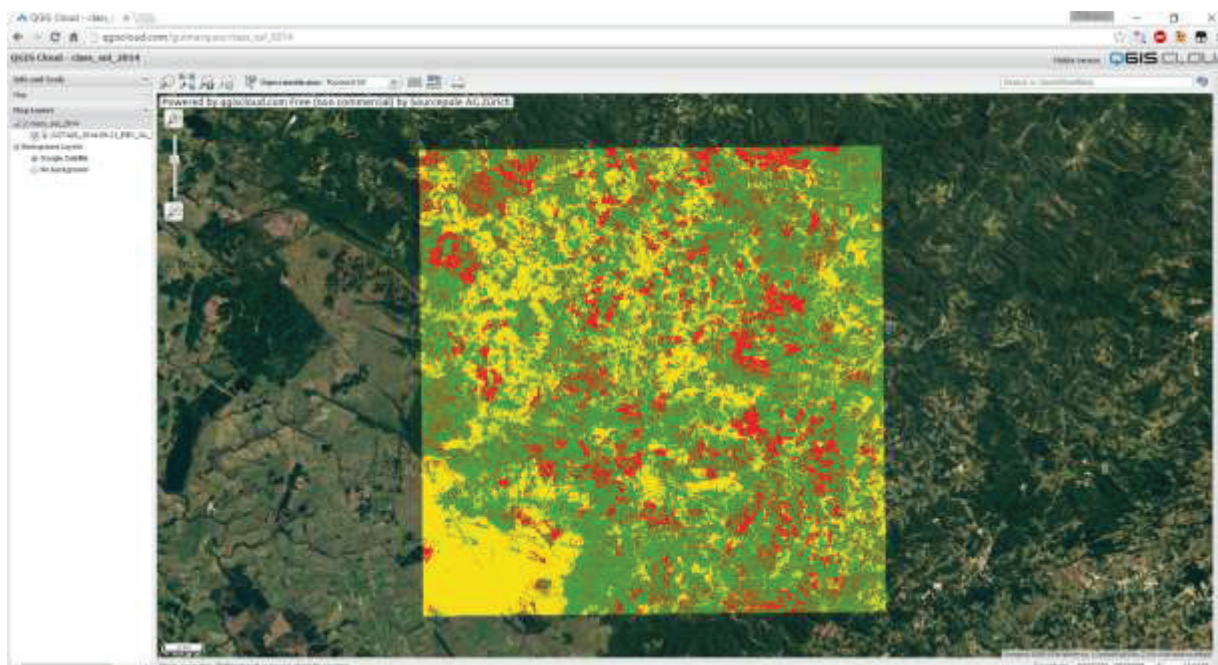


FIGURA 41 – CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DE 2014 SUL PUBLICADA COM A PLATAFORMA QGIS CLOUD MOSTRADA PELO NAVEGADOR.

5. CONCLUSÃO

Este estudo foi capaz de gerar mapas de classificação supervisionada dos anos de 2011 a 2014 da região do entorno da FLONA do Assungui. São oito mapas no total, sendo duas cenas por ano, e todos possuem classificações que atingiram um índice *Kappa* maior que 80%, se encaixando na categoria de desempenho excelente. Para isto, foi utilizado o *software* livre *Multispec*, atingindo um dos objetivos do trabalho.

A partir destes mapas foram gerados 2 mapas de análise multitemporal, que evidenciaram as alterações de uso do solo, bem como possíveis erros de classificação através dos anos, podem ser utilizados como ferramenta de gestão para estudos de plano de manejo, mostrando as regiões de floresta nativa e uso consolidado, e as regiões de remoção de vegetação nativa. O cálculo da análise multitemporal foi realizado utilizando o *software* QGIS, mantendo o objetivo do uso único de *software* livre. É importante evidenciar que o Geocatálogo do MMA disponibiliza imagens para todo o país, o que evidencia a possibilidade de utilizar os procedimentos aqui relacionados para situações diversas de gestão ambiental.

O trabalho mostrou ser possível a geração de classificação supervisionada e análise multitemporal utilizando somente *software* livre. Assim, um estudo sobre a manutenção da biodiversidade e plano de manejo da FLONA do Assungui pode ser realizado sem a necessidade de investir em licenças para obter os mapas de base. Além disso, este trabalho pode ser replicado para outras unidades de conservação do país em que existam imagens de satélite disponíveis, podendo ser parte importante na preservação do meio ambiente como um todo, sem que existe a barreira de um *software* proprietário.

Apesar disso, a metodologia depende de que seja adquirido conhecimento sobre as classes de uso do solo em cada local a ser estudado, seja através de visitas em campo ou por pessoas com experiência em classificação ou reconhecimento da região de estudo.

Uma forma de melhorar o estudo feito neste trabalho é obter as imagens de satélite com melhor qualidade. Os pontos que se destacam no quesito de qualidade são: resolução, sombras e ruído. A resolução de 5m das imagens deste trabalho se

mostrou suficiente para uma diferenciação de regiões pequenas como estradas e pequenas plantações, tornando difícil somente a identificação de regiões de mistura de vegetação nativa com plantio florestal. Com relação ao ruído na imagem é possível que a banda que apresente o problema não seja utilizada na classificação, porém ela poderia ter ainda mais qualidade se este problema não estivesse presente. As dificuldades da classificação encontradas nas regiões de sombra foram contornadas, porém a imagem datada em dezembro de 2013 obteve um índice *Kappa* superior (a imagem não possui problemas relevantes de sombra), mostrando que a sombra presente é um empecilho para obter uma classificação com maior acurácia. Portanto, o trabalho também mostra como é possível melhorar as classificações supervisionadas de forma geral para regiões semelhantes à da FLONA do Assungui. Como consequência desta melhor qualidade, a análise multitemporal também poderia possuir menos erros.

O *software Multispec* se mostrou apto devido aos processos realizados pelo programa e a geração dos relatórios de pós-classificação juntamente com a própria classificação serem feitos de forma simples. Os resultados podem ser salvos em um documento de texto, sem que o tempo de execução seja afetado. O *software* QGIS também se mostrou capaz de realizar a manipulação das classificações e a álgebra da análise multitemporal.

A publicação destes mapas na internet auxilia na transparência da gestão ambiental, na participação da sociedade e no compartilhamento dos dados entre as instituições.

REFERÊNCIAS

AFONSO, C. S. P. V. Infra-estrutura de Dados Espaciais nos municípios - contributo para a definição de um modelo de implementação. Dissertação (Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica) -Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação, Universidade de Lisboa, 2008.

BORGES, K. A. B. Uma extensão do modelo OMT para aplicações geográficas. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) -Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 1997. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/Referencias/karla_tese.pdf> Acesso em: 08/11/2015.

BRASIL. Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo Federal, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE, e da outras providências. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 de Nov. 2008. Seção 1, p. 57. 2008b.

BRASIL. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural - SICAR, sobre o Cadastro Ambiental Rural - CAR, e estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental - PRA, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

BRASIL. Lei nº 16.651, de 25 de maio de 2012. Dispões sobre a proteção da vegetação nativa.

BRASIL. Lei Federal 9985/2000 de 18 de julho de 2000 - Regulamenta o art 225, § 1º, incisos I, II, III e VII de Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

BY, R. A de et al. *Principles of Geographic Information Systems - an introductory textbook*. In: Weir, M. J. C.; Kainz, M.; Radwan, M. M. *Data quality and metadata. The Netherlands*: Enschede, 2001. p. 399-411. E-book. Disponível em: <<http://www.gdmc.nl/oosterom/PoGISHyperlinked.pdf>> Acesso em: 08/11/2015.

CAMPBELL, J. B.; WYNNE, R. H. *Introduction to Remote Sensing. The Guilford Press*. 5ed, 667p, 2011

CATTANI, C. E. V.; MERCANTE, E.; SOUZA, C. H. W. de; WRUBLACK, S. C. Desempenho de algoritmos de classificação supervisionada para imagens dos satélites *RapidEye*, 2013.

CONCAR - Comissão Nacional de Cartografia. Plano de Ação para Implementação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Comitê de Planejamento da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (CINDE) (eds.). Rio de Janeiro, 2010.

DATAGEO - Sistema Ambiental Paulista. Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo. IDEA-SP. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/web/guest/inicio>>.

DIAS, R. M. P. Infra-estruturas Municipais de Dados Espaciais. Dissertação (Mestrado em Estatística e Gestão de Informação) -Universidade de Lisboa, 2006.

DUMONT, B. de T. M. Criação do Mapa de Uso do Solo para Estudo da Fragmentação Florestal no Entorno da Floresta Nacional do Assungui, 2015.

EASTMAN, J. R. *Idrisi for Windows: Introdução e Exercícios Tutoriais*. J. Ronald Eastman. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS, Centro de recursos Idrisi, 1998.

FELIX, I. M.; KAZMIERCZAK, M. L.; ESPINDOLA, G. M. de. *RapidEye: a nova geração de satélites de Observação da Terra*, 2009.

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto, 2007.

Fundação SOS Mata Atlântica, INPE & Instituto Socioambiental. Atlas da evolução dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 1990-1995. São Paulo, 1998. Disponível em: <<http://www.sosma.org.br>>. Acesso em: 24/11/2015.

GEO CATÁLOGO MMA - GEO CATÁLOGO DO MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Catálogo de Imagens de Satélite RapidEye do Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://geocatalogo.ibama.gov.br>>.

GEO PORTAL DO EXÉRCITO BRASILEIRO. Banco de Dados Espaciais do Exército (BDGEx). Disponível em: <<http://www.geoportal.eb.mil.br>>.

GINIE - Rede Europeia de informação Geográfica, 2003. Disponível em: <http://www.ec-gis.org/ginie/doc/PG_SDI_pt.pdf>. Acesso em: 06/11/2015.

GOMES, D. D. M.; MENDES, L. M. S.; MEDEIROS, C. N. de; VERÍSSIMO, C. U. V. Análise multitemporal do processo de degradação da vegetação da bacia do Rio Jaibaras no Estado do Ceará. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 15, n. 2, p. 41-62, 2011.

JOSEPH, G. *Fundamentals of Remote Sensing*. Universities Press. 2ed. 2005, 477p.

LASSCHUYT, E.; HEKKEN, M. V. *Information Interoperability and Information Standardization for NATO C2 - A Practical Approach*. p. 1-20, 2001.

LITWIN, L.; GUZIK, M. *Database Model for National Park GIS as an Element of Spatial Data Infrastructure*. In: 10ed EC GI & GIS Workshop, ESDI State of the Art, Warsaw, Polônia, 2004. Disponível em: <<http://www.ec-gis.org/Worshops/10ec-gis/papers/24june-litwin.pdf>>. Acesso em: 22/11/2015.

LIU, W. T. H. *Aplicações de Sensoriamento Remoto*. Oficina de Textos. 2ed., 2015, 900p.

MAGUIRE, D. J.; LONGLEY, P. A. *The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures*. *Comput. Environ. And Urban Systems* 29 3–14, 2005.

MARTINELLI, G.; VIEIRA, C. M.; GONZALES, M.; LEITMAN, P.; PIRATININGA, A.; COSTA, A. F. da FORZZA, R. C. Bromeliaceae da Mata Atlântica brasileira: lista de

espécies, distribuição e conservação. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro - v. 59, n. 1, p. 209-258, 2008.

MARTINEZ, D. I. R. *Políticas de Información geográfica*. Colômbia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Relatório Parametrizado-Unidades de Conservação: FLORESTA NACIONAL DO ASSUNGUI. Disponível em: <<http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=77>>. Acesso em: 13/11/2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Unidades de Conservação. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao>>. Acesso em: 13/11/2015.

MORETTI, E. i3Geo 5.0 - Manual do Administração (Português - Versão 1), 2010. Disponível em: <http://www.i3geo.com.br/i3geo/documentacao/manual-i3geo-6_0-pt.pdf>. Acesso em: 10/11/2015.

MORO, R. S. et al. Perfil Fitossociológico Preliminar Da Vegetação Arbórea da Floresta Nacional do Assungui, Campo Largo, Paraná, 2009.

NAKAMURA, E. T. Infraestrutura de Dados Espaciais em Unidades de Conservação: uma proposta para disseminação da informação geográfica do Parque Estadual de Intervalos-SP. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

ONSRUD, H. *Survey of national spatial data infrastructures around the world*, 2001.

ORTIZ, A. G. L. A Infraestrutura de Dados Espaciais do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Uma Proposta de Organização e Compartilhamento. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

PATRICIO, M. E. L. S. Estudo para a Implementação de Corredores Ecológicos no Entorno da Floresta Nacional do Assungui, 2015.

PINTO, L. P.; BEDÊ, L.; PAESE, A.; FONSECA, M.; PAGLIA, A.; LAMAS, I. Mata Atlântica brasileira: Os desafios para a conservação da biodiversidade de um *hotspot* mundial - *Biologia da conservação: Essências*, V. 1, p. 91-118, 2006. Disponível em: <<http://www.researchgate.net/publication/262910585>>. Acesso em: 19/11/2015.

RAJABIFARD, A.; WILLIAMSON I, P.; HOLLAND, P.; JOHNSTONE, G. *From Local to Global SDI initiatives: a pyramid building blocks*. In: *Proceedings of the 4th Global Spatial Data Infrastructures Conferences (Cape Town, South Africa)*, 2000. Disponível em: <http://www.csdila.unimelb.edu.au/publication/conferences/From_local_to_globalSDI.pdf> Acesso em: 08/11/2015.

RATIA, J. *Global Spatial Data Infrastructure Association*. In: CONFERÊNCIA DE PARCEIROS UNSDI, 2007, Itália. Disponível em: <<http://www.ungiwg.org/keynotes/global-spatial-data-infrastructure-gsdi-association>>. Acesso em: 06/11/2015.

RBMA – A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Texto Síntese. Disponível em: <http://www.rbma.org.br/rbma/rbma_1_textosintese.asp>. Acesso em: 06/11/2015.

RIBEIRO, G. P. Metadados Geoespaciais Digitais. Dissertação (Doutorado em Ciências) - Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

RODRÍGUEZ, 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 TM-LANDSAT e HVR-SPOT. 85f. Dissertação (Especialização em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000.

ROSA, R. Introdução ao Sensoriamento Remoto. Editora da Universidade Federal de Uberlândia. 1990, 69p.

SANTOS, A. R. dos; PELUZIO, T. M. de O.; SAITO, N. S. Spring 5.1.2 Passo a Passo - Aplicações práticas. 2010, 155p. Disponível em: <http://www.mundogeomatica.com.br/Livros/Livro_Spring_5.1.2_Aplicacoes_praticas/LivroSPRING512PassoaPassoAplicacaoPratica.pdf>. Acesso em: 11/11/2015.

SIG BRASIL – O Portal Brasileiro de Dados Geoespaciais. FAQ. Disponível em: <<http://www.inde.gov.br/faq.html>>. Acesso em: 06/11/2015.

STEINGER S.; HUNTER A. J. S. *Free and Open Sources GIS Software for Building a Spatial Data Infrastructure*, 2012.

TÓTH, K.; PORTELE, C.; ILLERT, A.; LUTZ, M.; LIMA, M. N de. *A conceptual Model for Developing Interoperability Specifications in Spatial Data Infrastructures*. p. 11-13, 2012.

UCHOA, H. N.; FERREIRA, P. R. *Geoprocessamento com Software Livre - Versão 1.0*, 2004. E-book. Disponível em: <http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/Disciplinas/GeotecnologiaAplicada/geoprocessamento_software_livre_uchoa-roberto-v1.0.pdf> Acesso em: 18/11/2015.

UNECE - *The United Nation Economic Comission for Europe*. Disponível em: <<http://tfig.unece.org/contents/data-harmonization.htm>>. Acesso em: 07/11/2015.

WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; MADRUGA, P. R. de A. *Avaliação de classificação digital em imagens de vídeo multiespectral utilizando matriz confusão*, 2003.

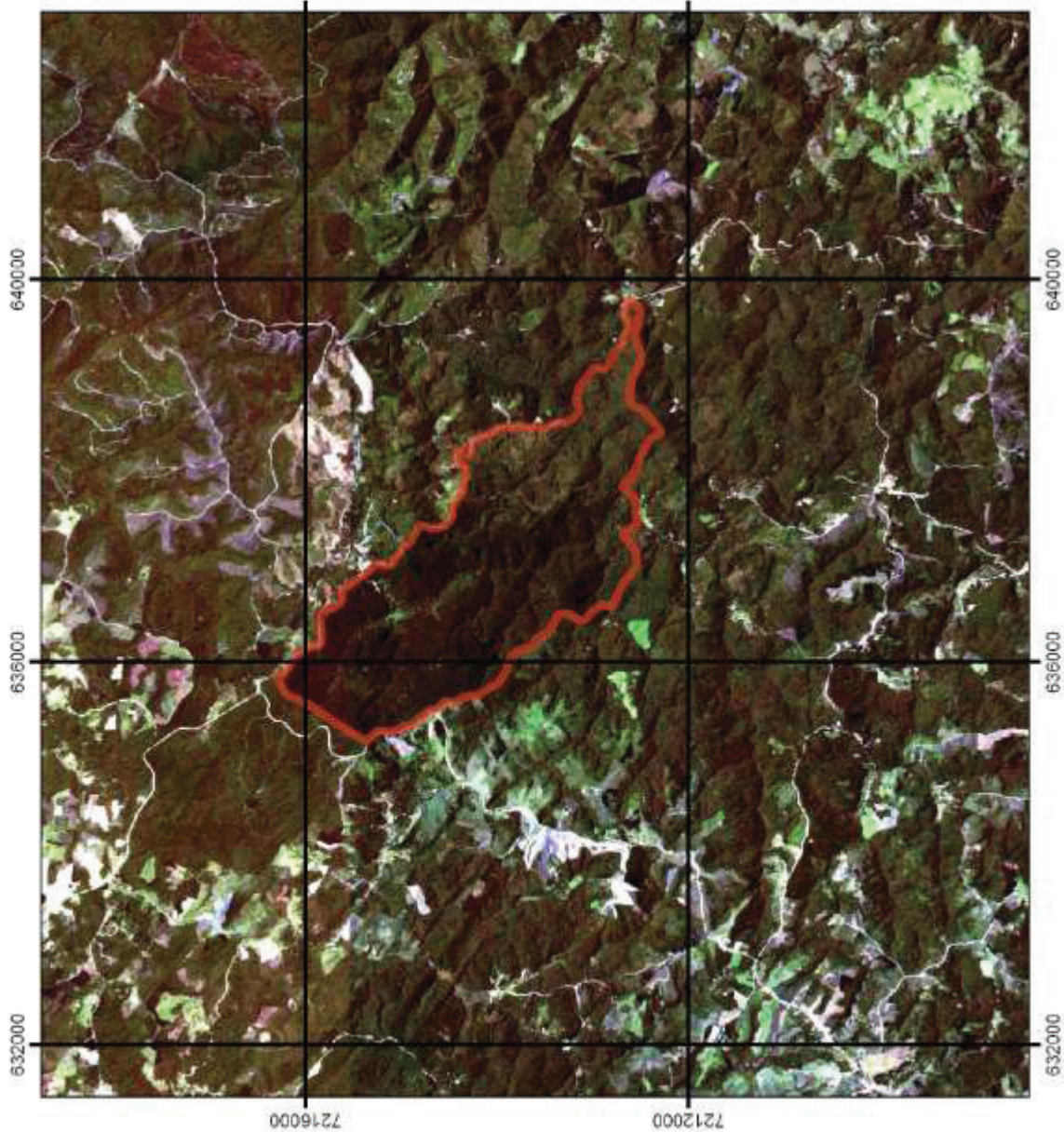
WESTCOTT, B. *Geospatial Metadata: the SDI Keystone*. Nashville: *Intergraph Users Conference*, 2007.

WILLIAMSON, I. P.; RAJABIFARD, A.; FEENEY, M.-E. *Developing spatial data infrastructures: from concept to reality*. New York: Taylor & Francis, 2003.


WILLIAMSON, I. P.; RAJABIFARD, A. *Spatial Data Infrastructures: concept, SDI hierarchy and future directions*, 200

APÊNDICE A

LOCALIZAÇÃO DA FLONA DO ASSUNGUI



Legenda

 FLONA do Assungui

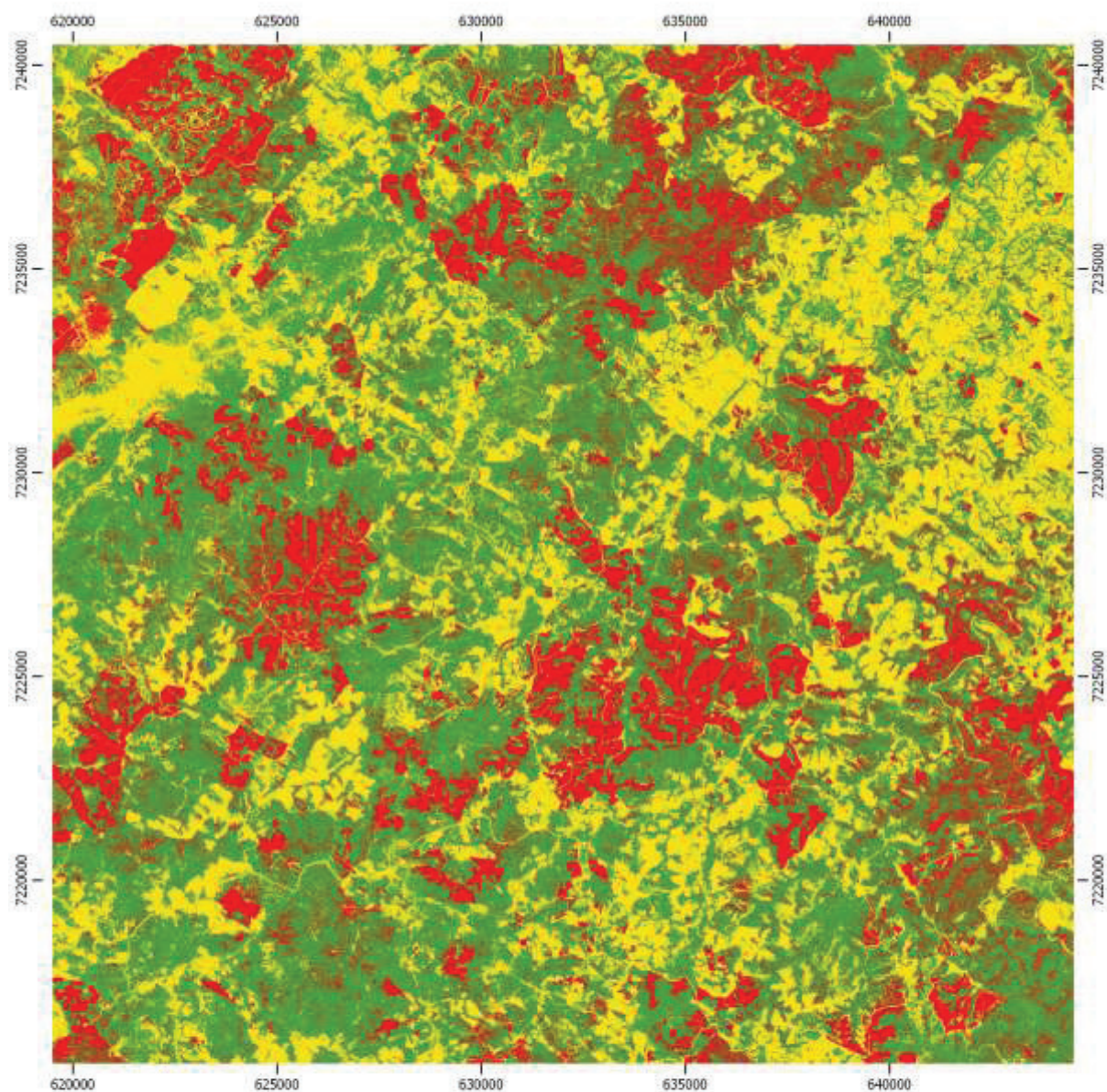
DATUM: SAD69 / UTM 22 S

ESCALA
1:60.000



APÊNDICE B

CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DO ENTORNO DA FLONA DO ASSUNGUI - 2011 NORTE



Legenda

- Vegetação Nativa
- Plantio Florestal
- Áreas Abertas



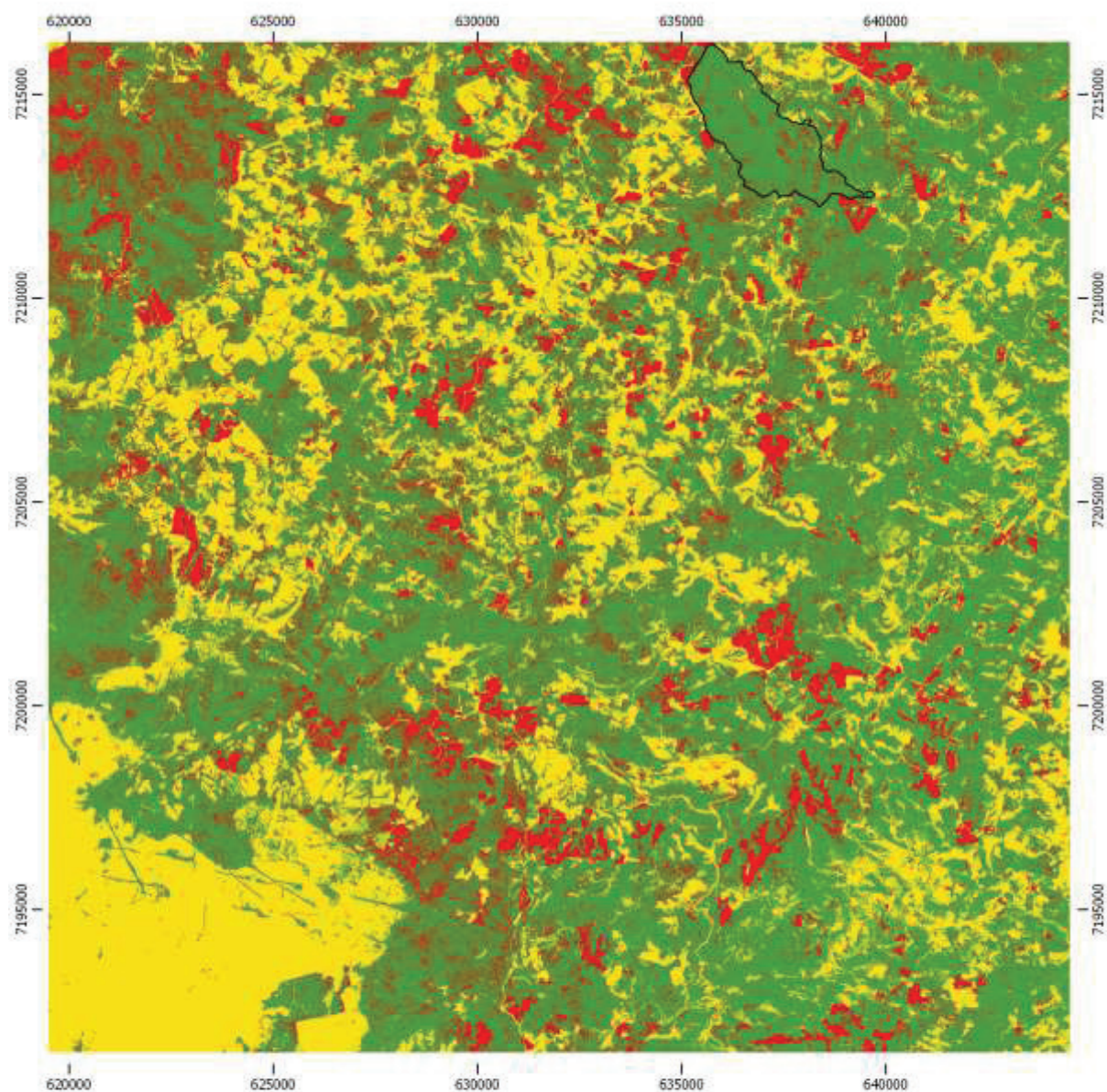
ESCALA: 1:130.000

1 0 1 2 3 km

DATUM: WGS84 / UTM 22S



CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DO ENTORNO DA FLONA DO ASSUNGUI - 2011 SUL



Legenda

- FLONA do Assungui
- Vegetação Nativa
- Plantio Florestal
- Áreas Abertas



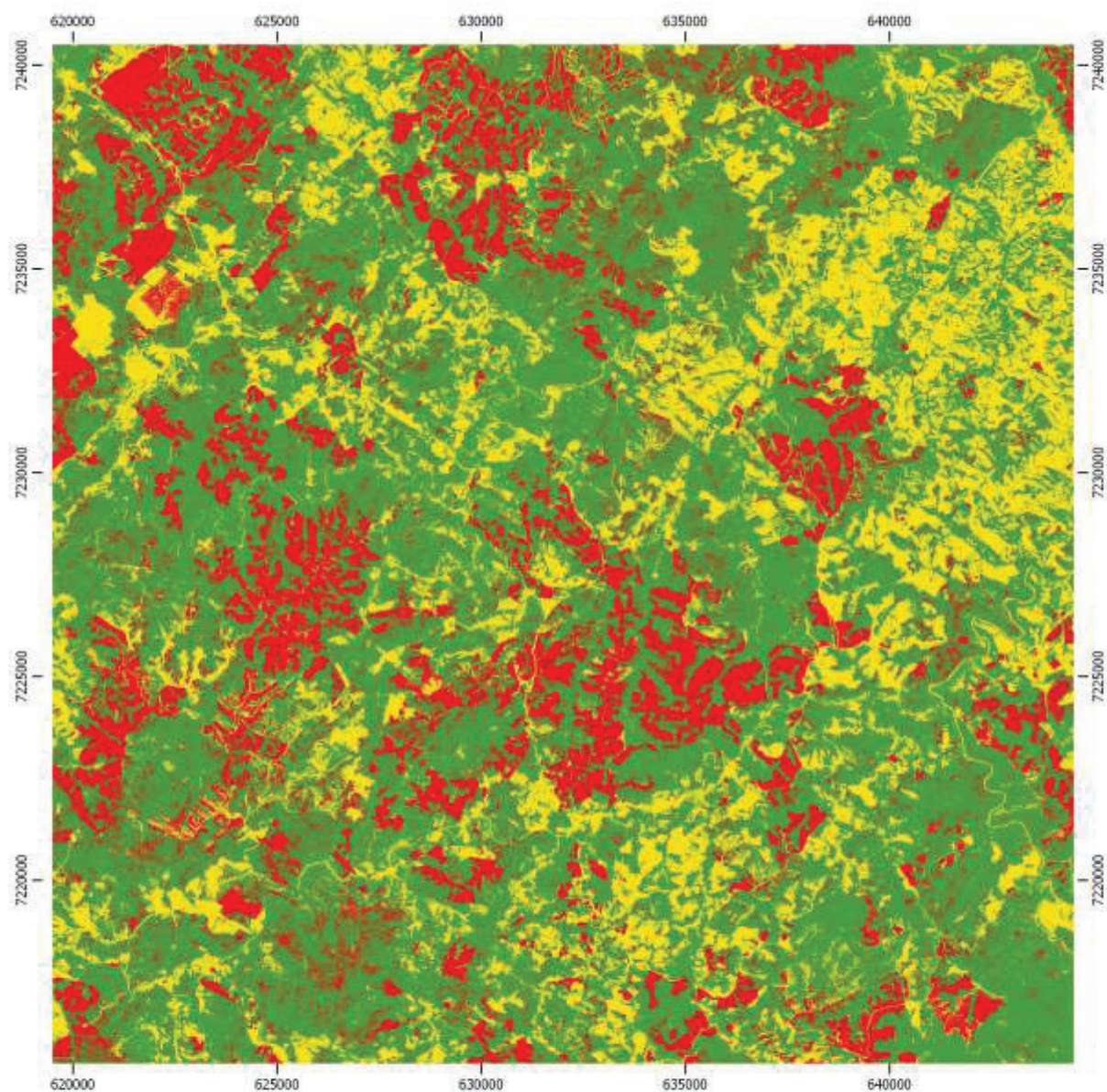
ESCALA: 1:130.000

1 0 1 2 3 km

DATUM: WGS84 / UTM 22S



CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DO ENTORNO DA FLONA DO ASSUNGUI - 2012 NORTE



Legenda

- Vegetação Nativa
- Plantio Florestal
- Áreas Abertas



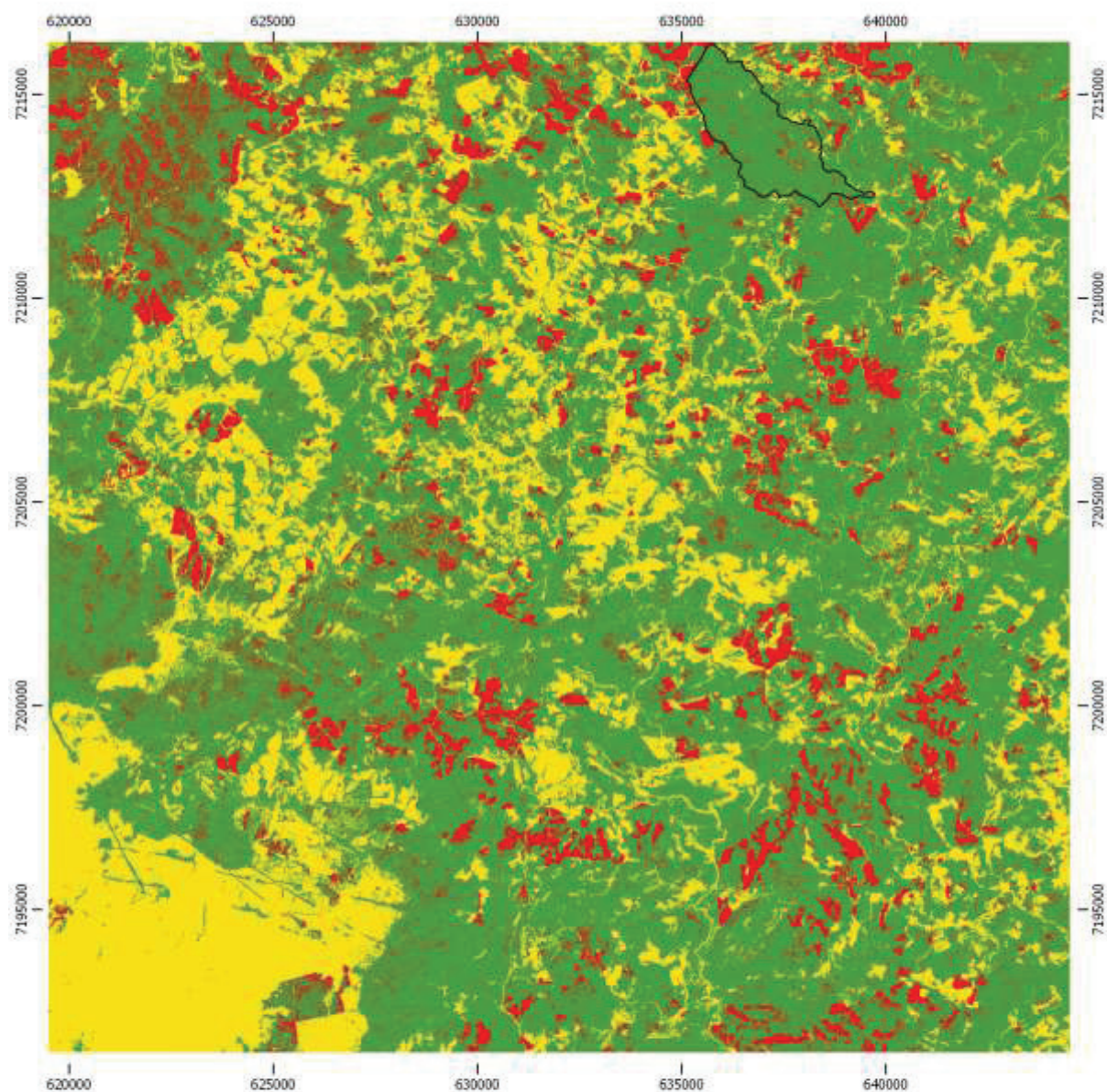
ESCALA: 1:130.000

1 0 1 2 3 km

DATUM: WGS84 / UTM 22S



CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DO ENTORNO DA FLONA DO ASSUNGUI - 2012 SUL



Legenda

- FLONA do Assungui
- Vegetação Nativa
- Plantio Florestal
- Áreas Abertas



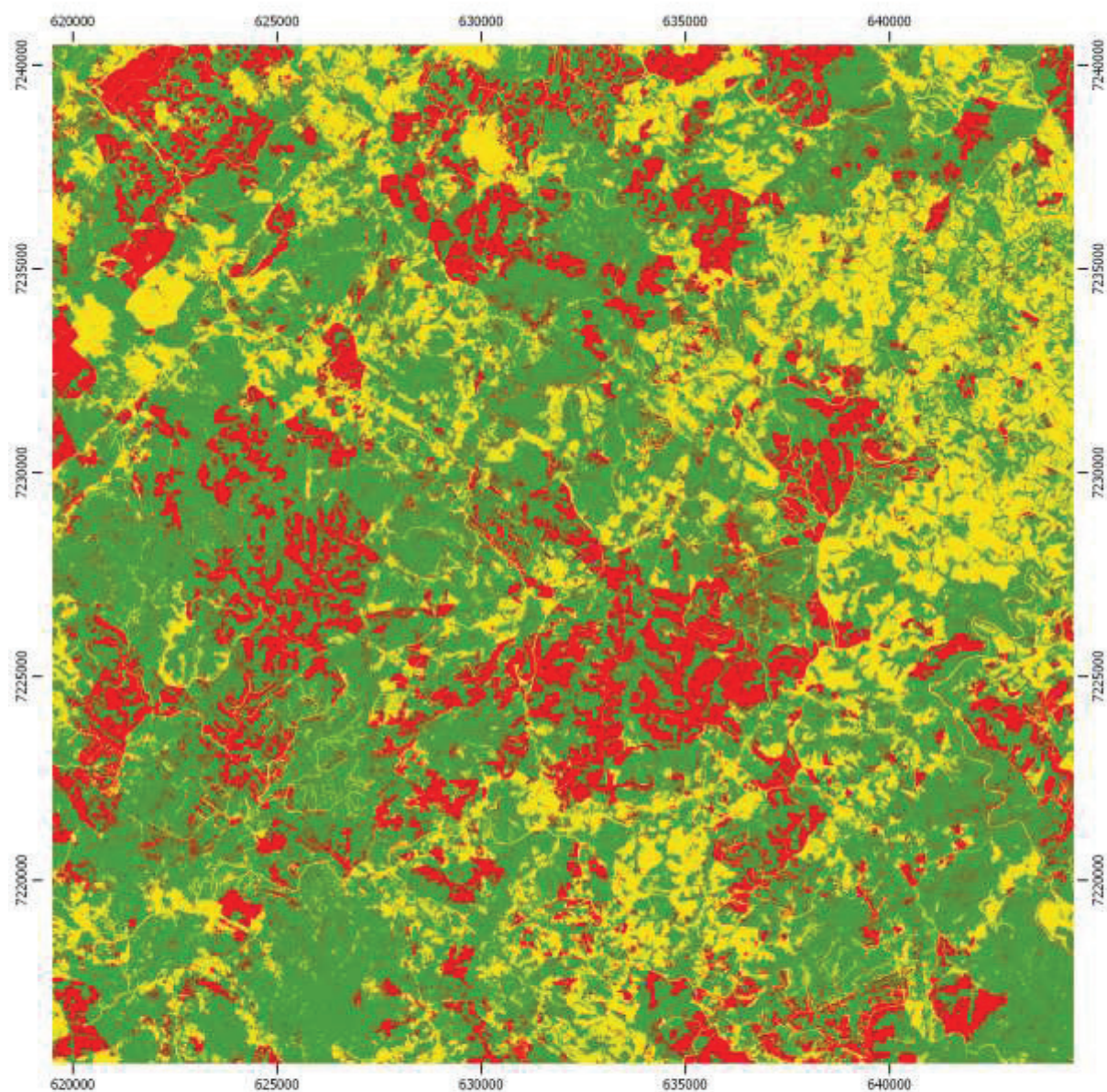
ESCALA: 1:130.000

1 0 1 2 3 km

DATUM: WGS84 / UTM 22S



CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DO ENTORNO DA FLONA DO ASSUNGUI - 2013 NORTE



Legenda

- Vegetação Nativa
- Plantio Florestal
- Áreas Abertas



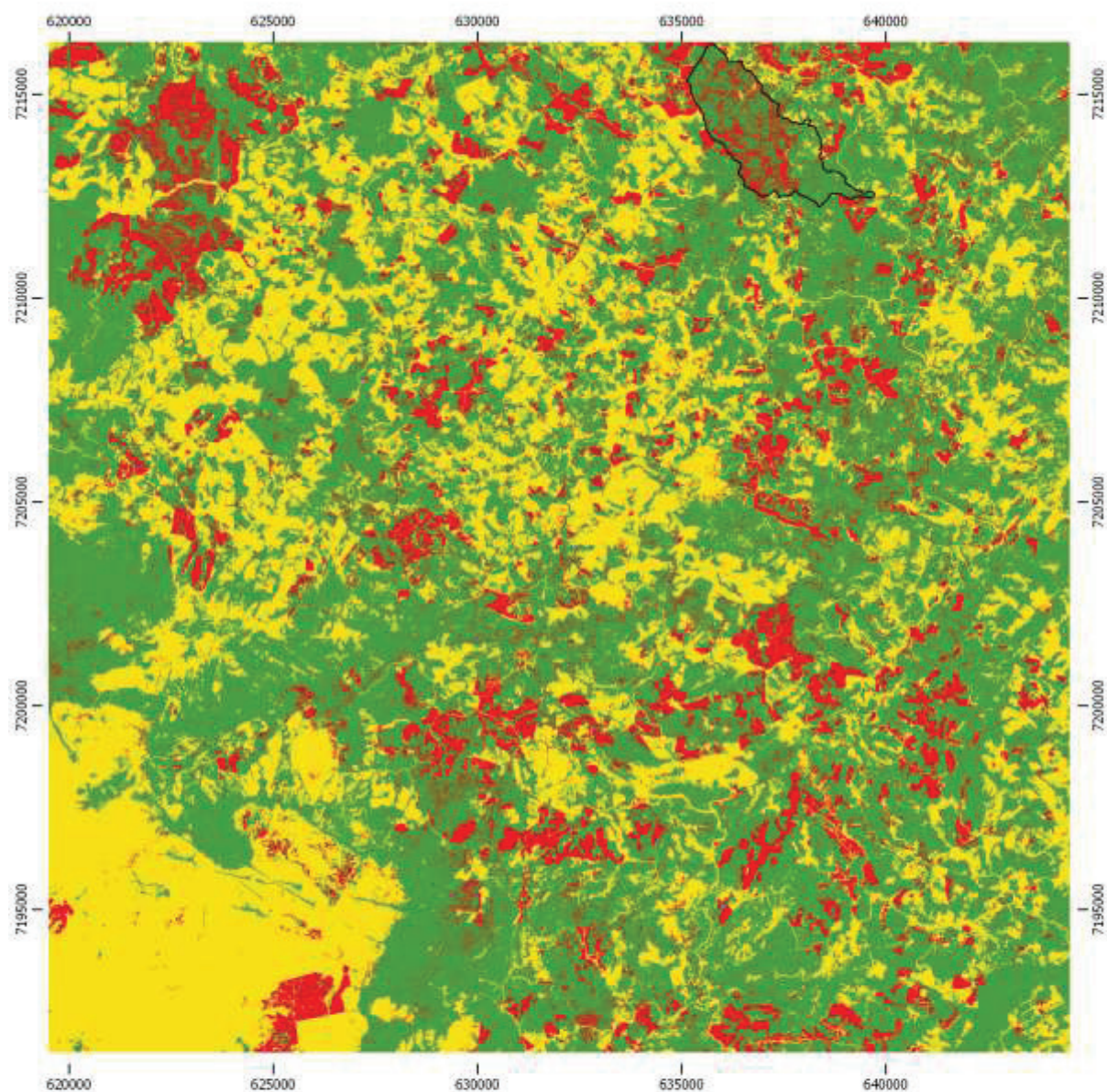
ESCALA: 1:130.000

1 0 1 2 3 km

DATUM: WGS84 / UTM 22S



CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DO ENTORNO DA FLONA DO ASSUNGUI - 2013 SUL



Legenda

- FLONA do Assungui
- Vegetação Nativa
- Plantio Florestal
- Áreas Abertas



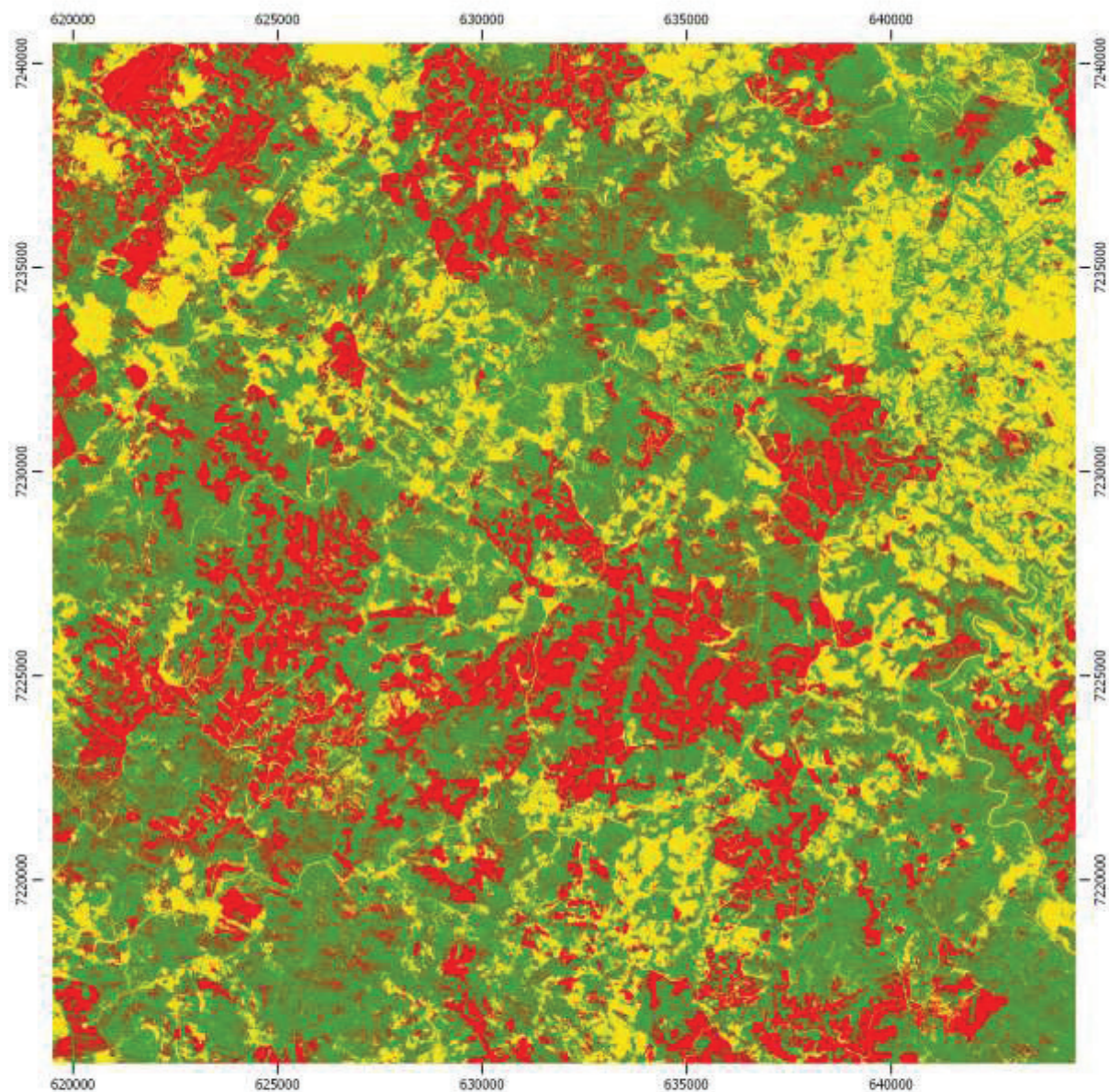
ESCALA: 1:130.000

1 0 1 2 3 km

DATUM: WGS84 / UTM 22S



CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DO ENTORNO DA FLONA DO ASSUNGUI - 2014 NORTE



Legenda

- Vegetação Nativa
- Plantio Florestal
- Áreas Abertas



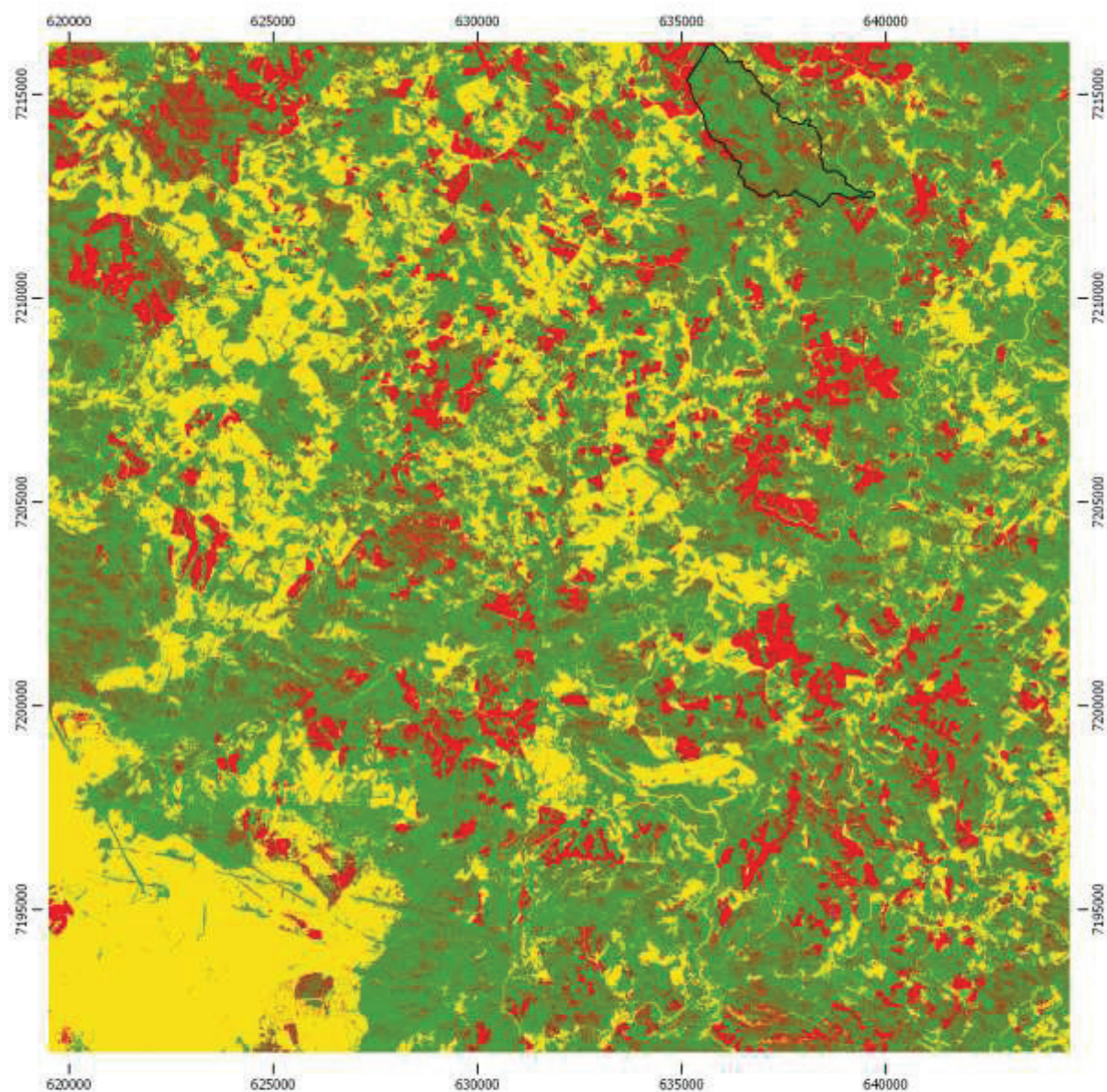
ESCALA: 1:130.000

1 0 1 2 3 km





DATUM: WGS84 / UTM 22S



CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DO ENTORNO DA FLONA DO ASSUNGUI - 2014 SUL



Legenda

-  FLONA do Assungui
-  Vegetação Nativa
-  Plantio Florestal
-  Áreas Abertas



ESCALA: 1:130.000

1 0 1 2 3 km



DATUM: WGS84 / UTM 22S



APÊNDICE C

Divergência Transformada para imagem norte, 2011:

		class pair symbols >		12	13	23			
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)			
	Channels	Min.	Ave.	Weighted	Interclass	Distance	Measures		
1.	2 3 4 5	1354	1785	1354	2000	2000			
2.	1 3 4 5	1340	1780	1340	2000	2000			
3.	1 2 4 5	1316	1772	1316	1999	2000			
4.	1 2 3 5	685	1562	685	2000	2000			
5.	1 2 3 4	514	1505	514	2000	2000			

There is 1 channel combination(s) for 5 group(s) of 1 contiguous channel(s).

		class pair symbols >		12	13	23			
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)			
	Channels	Min.	Ave.	Weighted	Interclass	Distance	Measures		
1.	1 2 3 4 5	1371	1790	1371	2000	2000			

Divergência Transformada para imagem sul, 2011:

		class pair symbols >		12	13	14	23	24	34
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)
	Channels	Min.	Ave.	Weighted	Interclass	Distance	Measures		
1.	2 3 4 5	1325	1797	1325	2000	1485	2000	1973	2000
2.	1 3 4 5	1250	1777	1250	2000	1470	2000	1943	2000
3.	1 2 4 5	1221	1773	1221	2000	1467	1999	1952	2000
4.	1 2 3 5	1146	1731	1278	2000	1146	2000	1965	2000
5.	1 2 3 4	711	1626	711	2000	1365	2000	1680	2000

There is 1 channel combination(s) for 5 group(s) of 1 contiguous channel(s).

		class pair symbols >		12	13	14	23	24	34
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)
	Channels	Min.	Ave.	Weighted	Interclass	Distance	Measures		
1.	1 2 3 4 5	1345	1802	1345	2000	1489	2000	1975	2000

Divergência Transformada para imagem norte, 2012:

		class pair symbols >		12	13	23			
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)			
	Channels	Min.	Ave.	Weighted	Interclass	Distance	Measures		
1.	2 3 4 5	1546	1849	1546	2000	2000			
2.	1 2 4 5	1534	1843	1534	1995	2000			
3.	1 3 4 5	1530	1843	1530	2000	2000			
4.	1 2 3 5	1344	1781	1344	2000	2000			
5.	1 2 3 4	847	1616	847	2000	2000			

There is 1 channel combination(s) for 5 group(s) of 1 contiguous channel(s).

		class pair symbols >		12	13	23			
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)			
	Channels	Min.	Ave.	Weighted	Interclass	Distance	Measures		
1.	1 2 3 4 5	1558	1853	1558	2000	2000			

Divergência Transformada para imagem sul, 2012:

		class pair symbols >		12	13	14	23	24	34
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)
	Channels	Min.	Ave.	Weighted	Interclass	Distance	Measures		
1.	2 3 4 5	1677	1902	1677	2000	1794	2000	1942	2000
2.	1 2 4 5	1654	1894	1654	1999	1798	2000	1917	2000
3.	1 3 4 5	1646	1876	1646	2000	1786	2000	1827	2000
4.	1 2 3 5	1380	1806	1521	2000	1380	2000	1934	2000
5.	1 2 3 4	1219	1760	1219	2000	1529	2000	1809	2000

There is 1 channel combination(s) for 5 group(s) of 1 contiguous channel(s).

		class pair symbols >		12	13	14	23	24	34
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)
	Channels	Min.	Ave.	Weighted	Interclass	Distance	Measures		
1.	1 2 3 4 5	1687	1906	1687	2000	1805	2000	1945	2000

Divergência Transformada para imagem norte, 2013:

		class pair symbols >		12	13	23	
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)	
	Channels	Min.	Ave.	Weighted	Interclass	Distance	Measures
1.	1 2 4 5	1723	1908	1723	2000	2000	
2.	2 3 4 5	1720	1907	1720	2000	2000	
3.	1 2 3 4	1713	1904	1713	2000	2000	
4.	1 3 4 5	1688	1896	1688	2000	2000	
5.	1 2 3 5	1547	1849	1547	2000	2000	

There is 1 channel combination(s) for 5 group(s) of 1 contiguous channel(s).

		class pair symbols >		12	13	23	
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)	
	Channels	Min.	Ave.	Weighted	Interclass	Distance	Measures
1.	1 2 3 4 5	1744	1915	1744	2000	2000	

Divergência Transformada para imagem sul, 2013:

		class pair symbols >		12	13	14	23	24	34
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)
	Channels	Min.	Ave.	Weighted	Interclass	Distance	Measures		
1.	1 2 4 5	1596	1933	1596	2000	2000	2000	2000	2000
2.	2 3 4 5	1581	1930	1581	2000	2000	2000	2000	2000
3.	1 2 3 4	1542	1916	1542	2000	2000	2000	1953	2000
4.	1 3 4 5	1537	1923	1537	2000	2000	2000	2000	2000
5.	1 2 3 5	1407	1901	1407	2000	2000	2000	2000	2000

There is 1 channel combination(s) for 5 group(s) of 1 contiguous channel(s).

		class pair symbols >		12	13	14	23	24	34
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)
	Channels	Min.	Ave.	Weighted	Interclass	Distance	Measures		
1.	1 2 3 4 5	1604	1934	1604	2000	2000	2000	2000	2000

Divergência Transformada para imagem norte, 2014:

		class pair symbols >		12	13	23			
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)			
	Channels	Min.	Ave.	Weighted Interclass Distance Measures					
1.	2 3 4 5	1013	1671	1013	2000	2000			
2.	1 2 4 5	1004	1667	1004	1998	2000			
3.	1 3 4 5	924	1641	924	2000	2000			
4.	1 2 3 5	834	1611	834	2000	2000			
5.	1 2 3 4	712	1571	712	2000	2000			

There is 1 channel combination(s) for 5 group(s) of 1 contiguous channel(s).

		class pair symbols >		12	13	23			
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)			
	Channels	Min.	Ave.	Weighted Interclass Distance Measures					
1.	1 2 3 4 5	1048	1715	1048	2000	2000			

Divergência Transformada para imagem sul, 2014:

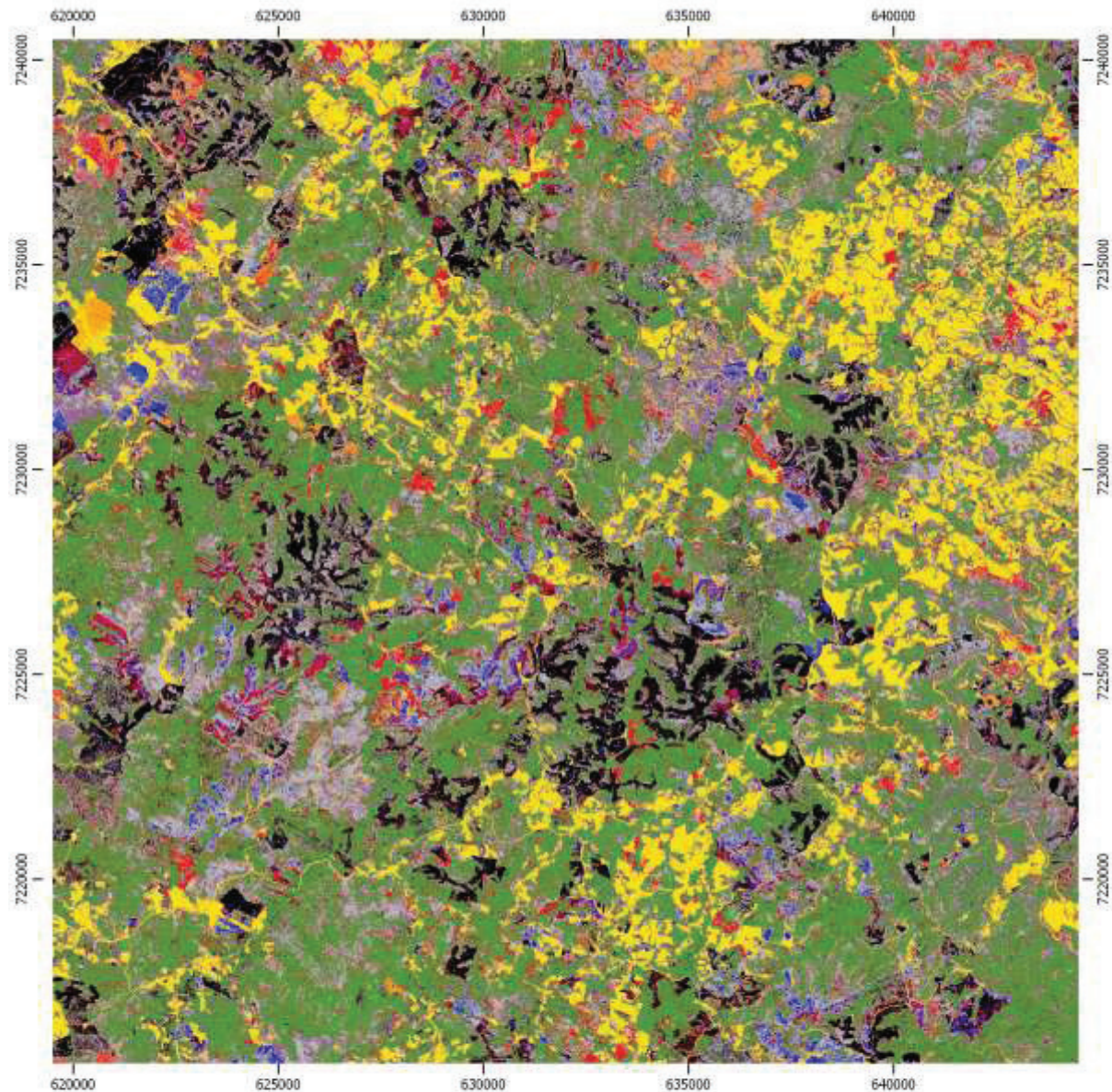
		class pair symbols >		12	13	14	23	24	34
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)
	Channels	Min.	Ave.	Weighted Interclass Distance Measures					
1.	1 2 4 5	1632	1911	1632	2000	1991	2000	1844	2000
2.	2 3 4 5	1630	1915	1630	2000	1992	2000	1865	2000
3.	1 3 4 5	1612	1897	1612	2000	1991	2000	1781	2000
4.	1 2 3 5	1314	1841	1314	2000	1910	2000	1823	2000
5.	1 2 3 4	1207	1821	1207	2000	1965	2000	1757	2000

There is 1 channel combination(s) for 5 group(s) of 1 contiguous channel(s).

		class pair symbols >		12	13	14	23	24	34
		weighting factor >		(10)	(10)	(10)	(10)	(10)	(10)
	Channels	Min.	Ave.	Weighted Interclass Distance Measures					
1.	1 2 3 4 5	1668	1922	1668	2000	1993	2000	1871	2000

APÊNDICE D

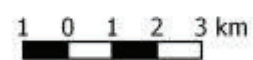
ANÁLISE MULTITEMPORAL DA FLONA DO ASSUNGUI - NORTE



Legenda

- Vegetação Nativa Permanente
- Crescimento de Vegetação Nativa
- Remoção de Vegetação Nativa
- Plantio Florestal Permanente
- Crescimento de Plantio Florestal
- Colheita
- Áreas Abertas Permanentes
- Erro

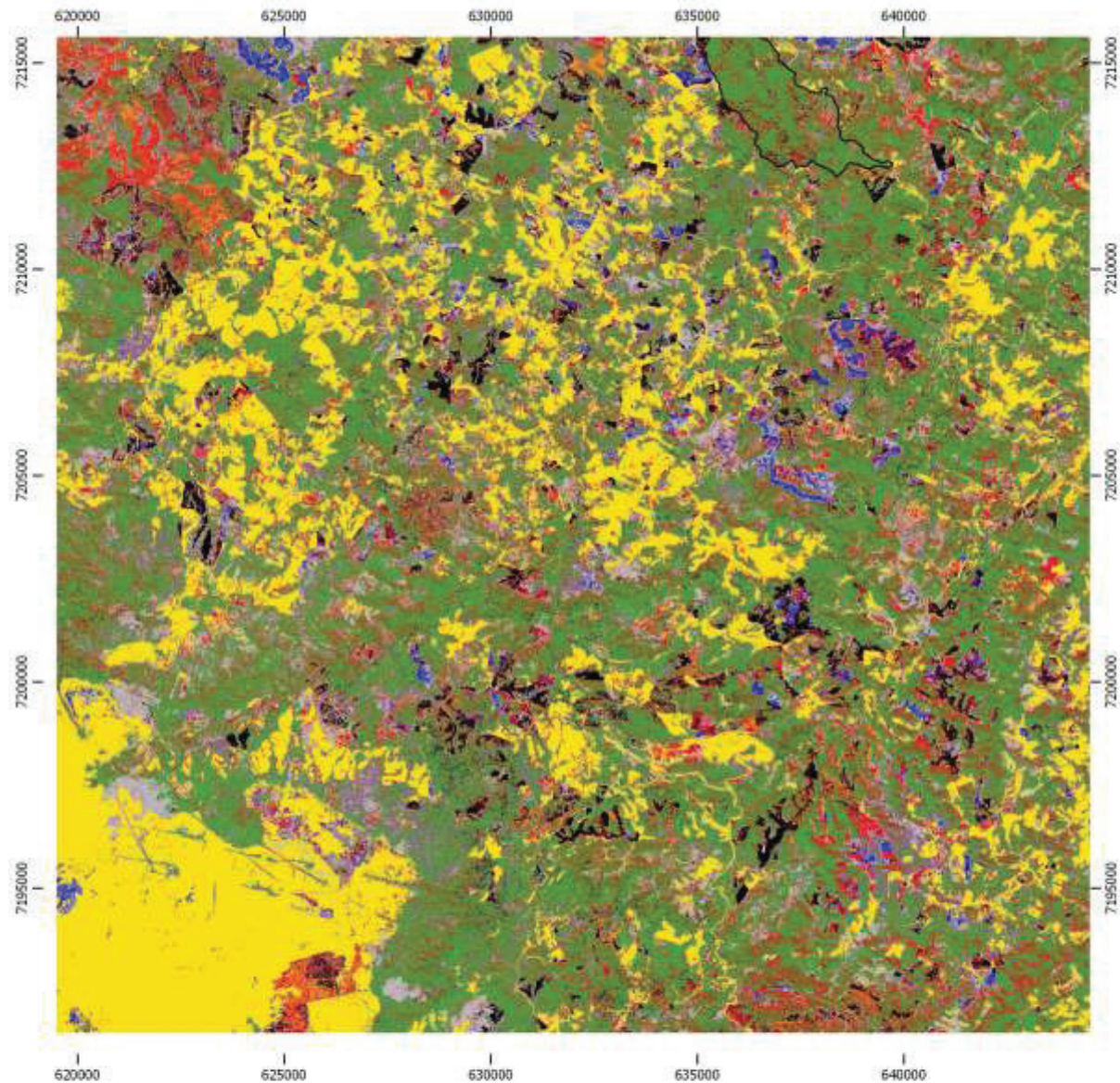
ESCALA: 1:130.000



DATUM: WGS84 / UTM 22S



ANÁLISE MULTITEMPORAL DA FLONA DO ASSUNGUI - SUL



Legenda

- Vegetação Nativa Permanente
- Crescimento de Vegetação Nativa
- Remoção de Vegetação Nativa
- Plantio Florestal Permanente
- Crescimento de Plantio Florestal
- Colheita
- Áreas Abertas Permanentes
- Erro

ESCALA: 1:130.000

1 0 1 2 3 km

DATUM: WGS84 / UTM 22S

