Uso do Sensor HRG - SPOT 5 e técnicas de processamento de imagens para caracterizar e avaliar a mudança da cobertura vegetal no estado de Rondônia

Henrique Bernini [1,2]
Eliomar Pereira da Silva Filho [2]

[1] Faculdade de Rondônia - FARO
Br 364, Km 6,5 sentido Cuiabá -MT – CEP: 78815-800, Porto Velho - RO
henriquebernini@hotmail.com

[2] Programa de Pós Graduação Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Rondônia – UNIR,
Br 364, Km 9,5 sentido Rio Branco-AC – CEP: 78900-000, Porto Velho - RO
eliomarfilho@uol.com.br

Abstract. This paper aims to show the use of high-resolution orbital data on current survey of vegetation, emphasizing the quality of information derived from techniques digital image processing based on Linear Spectral Mixture Model and classification of land use in images HRG sensor, SPOT 5 satellite. This was linked to the existing information on land cover to understand the changes of land use in a watershed area used as experimental. The results of this study showed that there is quality in the data obtained by digital image processing as evidenced by the Kappa index. In a spatiotemporal correlation of vegetation was detected in the experimental area that Anthropic Areas declined significantly, increasing the number of areas with vegetation and forest regeneration.

Palavras-chave: Image processing, Land use, Amazonian - processamento de imagens, cobertura vegetal, Amazônia.

1. Introdução

Rondônia sofreu nas últimas décadas um intenso processo de ocupação territorial advindo da concepção geopolítica do estado brasileiro, que pretendia consolidar a nacionalidade para região da Amazônia. Tal geopolítica tinha como finalidade ocupar a região através da abertura de novas fronteiras agrícolas, rompendo o isolamento, acelerando o progresso econômico e diminuindo tensões sociais no sul e centro-sul do país (FERNANDES, 2008).

Tal fato produziu mudanças na cobertura vegetal natural em regiões do estado, principalmente ao longo da BR-364 onde se instalou dezenas de núcleos urbanos. Esta mudança estrutural na região é caracterizada pela conversão de grandes áreas de florestas em áreas de pastagens, consequência do modelo econômico adotado no estado.

Diante disto e devido à preocupação com os impactos desse processo geopolítico sobre a demanda hídrica no estado de Rondônia, principalmente em mananciais de abastecimento público, algumas instituições públicas têm-se organizado e alocado esforços para subsidiar tecnicamente os trabalhos de recuperação das bacias mais prejudicadas pelo uso inadequado da terra. Dentre os esforços, podemos destacar o Projeto de Manutenção e Restauração Ecológica de Bacias Hidrográficas – PROBACIAS, realizado pelo Sistema de Proteção da Amazônia, Centro Regional de Porto Velho-RO (SIPAM-CR/PV) e outras instituições parceiras.

Contudo, tais projetos e programas governamentais necessitam de análises que apontem melhor o nível de degradação e ao mesmo tempo indiquem a capacidade de uso e manejo dos solos destas bacias hidrográficas, com a finalidade de encontrar a maneira mais adequada de gerenciar os recursos hídricos contemplando a fragilidade do ambiente perante tais usos e manejos, que também são dependentes destes mananciais hídricos, tanto no campo quanto na área urbana.

O reconhecimento do estado atual de uma cobertura vegetal é uma informação importante quando se busca analisar os fatores de um sistema ambiental, pois este parâmetro representa o grau de proteção média á degradações no sistema físico, dentre eles o processo de erosão hídrica.

Segundo Silva Filho (2009), a vegetação rondoniense, além dos diferentes substratos e da grande diversificação nos regimes de chuvas, promove inúmeras fisionomias na floresta amazônica. Contudo, neste cenário, uma série de modificações, devido ao uso da terra, passou a considerar tais áreas como antropizada na classificação da cobertura vegetal.

Os dados do mapa fitoecológico do projeto RADAMBRASIL (1978) foram os primeiros mapeamentos, com escala de 1:1.000.000 da cobertura vegetal no estado de Rondônia. Entretanto, o mapeamento mais atual e com escala de 1:250.000 foi realizado através do Zoneamento Sócio–Econômico Ecológico do Estado de Rondônia/ZEE-RO (1999), mapeou com maiores detalhes as áreas já consolidadas no estado.

Recentemente o Governo do estado de Rondônia, através da Secretaria de Desenvolvimento Ambiental – SEDAM-RO, passou a adquirir imagens do satélite SPOT 5 com o intuito de emprega-las em diversas áreas como prevenção e combate ao desmatamento e planejamento ambiental.

Considerando a alta resolução espacial do sensor HRG do satélite SPOT 5 aliado as várias técnicas de processamento digital de imagens como o Modelo Linear de Mistura Espectral - MLME, pode-se oferecer produtos de excelente qualidade para descrever as coberturas vegetais existentes na superfície terrestre. Autores como Ponzoni e Shimabukuro (2007) afirmam que o uso das imagens fração, produzidos por técnicas como o MLME, é importante para trabalhos de mapeamentos da cobertura vegetal e tem permitido o mapeamento em níveis local e regional, utilizando dados de diferentes sensores.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem por objetivo destacar o uso de dados orbitais de alta resolução no levantamento atual da cobertura vegetal para compor um diagnóstico da fragilidade ambiental de mananciais de abastecimento público em Rondônia. Dentre os objetivos específicos buscou-se: destacar a qualidade da informação extraída através de técnicas de processamento digital de imagens do sensor HRG, satélite SPOT 5 e; relacionar as informações já existentes sobre a cobertura vegetal para compreender as mudanças do uso da terra.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de estudo

A unidade de trabalho experimental, determinada aqui como bacia do manancial do rio Palmeiras, abrange cerca de 25.500 ha. Sua área de drenagem está localizada entre os paralelos 11°29’26” e 11°41’55 de latitude sul e os meridianos 60°49’59” e 61°5’55” de longitude oeste, cuja as águas do rio Palmeiras deságuam no Riozinho, um dos principais rios da sub-bacia do Alto Rio Machado que, por sua vez, integra a bacia do Rio Ji-paraná ou Machado, sendo esta a maior bacia contribuinte do rio Madeira no estado de Rondônia.

Os divisores de água estão totalmente inseridos no município de Espigão d’Oeste. A bacia é definida como manancial por servir de abastecimento público para população local. De acordo com o Censo (2010), sua população é de 28.729 habitantes em uma área aproximada de 4.500 km², sendo 4.877, 06 km² na zona rural e 22,94 km² de área urbanizada. Seu processo de ocupação foi baseado na conversão da floresta em agricultura e, posteriormente, pastagem.

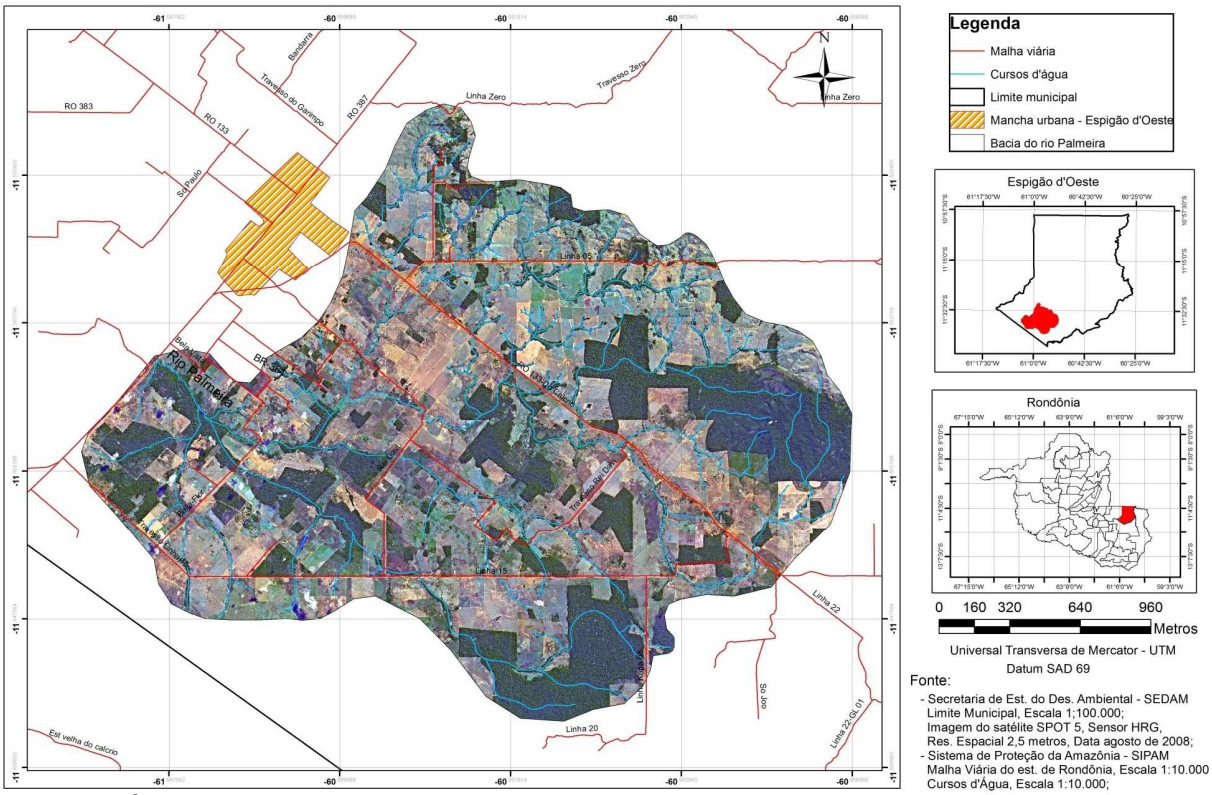

Figura 2. Área do manancial do Rio Palmeira no município de Espigão D'oeste, RO.

2.2. Materiais

Para este trabalho utilizou-se os seguintes materiais:

- Imagens orbitais do satélite SPOT 5 sensor HRG em "supermode" garantindo uma resolução espacial de 2,5 metros, do ano de 2010, cedido pela Secretaria de Desenvolvimento Ambiental do estado de Rondônia - SEDAM através do acordo de cooperação técnica entre o Ministério Público do Estado de Rondônia, SEDAM e SIPAM;
- Mapeamento da cobertura vegetal do ZEE-RO, SEDAM/RONDÔNIA (1998) em escala 1:250.000, para conhecer as classes e suas respectivas áreas;
- Limite vetorial da bacia do rio Palmeira elaborado pelo SIPAM na escala de 1:10.000;
- Mapa da rede hidrográfica do estado de Rondônia na escala de 1:100.000 disponível no banco de dados interno do SIPAM.

Além destes materiais, para o trabalho de campo utilizou-se os seguintes equipamentos:

- Instrumento de navegação por satélite - (Global Positioning System – GPS) para a identificação das unidades de paisagem na base cartográfica;
- Câmera fotográfica – para o registro in loco da paisagem.

Para o tratamento e processamento digital das imagens esta pesquisa optou por trabalhar nos seguintes ambientes computacionais:

- Software Terra View versão 4, para o processamento das imagens do Sensor HRG (SPOT 5) através da aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral;
- Software ENVI versão 4.6.1 para utilizar o classificador de dados orbitais do Satélite SPOT 5, gerando as categorias de uso e cobertura atual do solo;
- Software ArcMap versão 9.1 para realização das operações matriciais e vetoriais, gerando os resultados da atual estrutura da cobertura vegetal e correlacionando-as com os dados vetoriais do mapeamento do ZEE-RO.

2.3. Metodologia

O levantamento das informações sobre a cobertura vegetal foi produzido a partir do Sensor HRG ("High Resolution Geometric") a bordo do satélite SPOT-5 e dos registros da paisagem obtidas em campo. O sensor HRG possui 4 (quatro) bandas, sendo 3 (três) na região do visível com resolução de 10 metros, uma banda no infravermelho-próximo com resolução de 20 metros e uma banda pancromática com resolução de 2,5 metros. A data da passagem do satélite está compreendida entre os períodos de Julho/Agosto de 2008 e 2009.

As imagens com o pré-processamento adequado foram primeiramente submetidas ao processo de seleção de componentes puros e geração das imagens fração. Segundo Ponzoni e Shimabukuro (2007) as imagens fração são os produtos gerados por algoritmos capazes de separar por imagem os principais componentes ou objetos (solo, vegetação, etc) da cobertura superficial dentro de um elemento de resolução (*pixel*).

Modelo Linear de Mistura Espectral - Para tal técnica utilizou-se o Modelo Linear de Mistura Espectral - MLME, que tem por objetivo realçar os principais alvos de interesse presentes nas imagens e que compõe o ambiente amazônico (KAWAKUBO, 2004).

Kawakubo (2004) comenta também que o MLME decompõe estas misturas estimando a proporção de cada tipo de cobertura do terreno em cada pixel. O algoritmo denominado de Principais Componentes foi o escolhido para selecionar componentes puros de referência (*endmembers*) na própria imagem para servirem como parâmetro na estimativa (água/sombra, solo exposto e vegetação), conforme observado pela figura 1. O resultado é uma composição colorida combinando as proporções Solo no filtro vermelho, Vegetação no filtro Verde e Água no Filtro Azul. Optou-se em gerar este processamento no sistema Terraview versão 4.6 pela fácil aplicabilidade diante dos outros sistemas de informação geográfica – SIG.

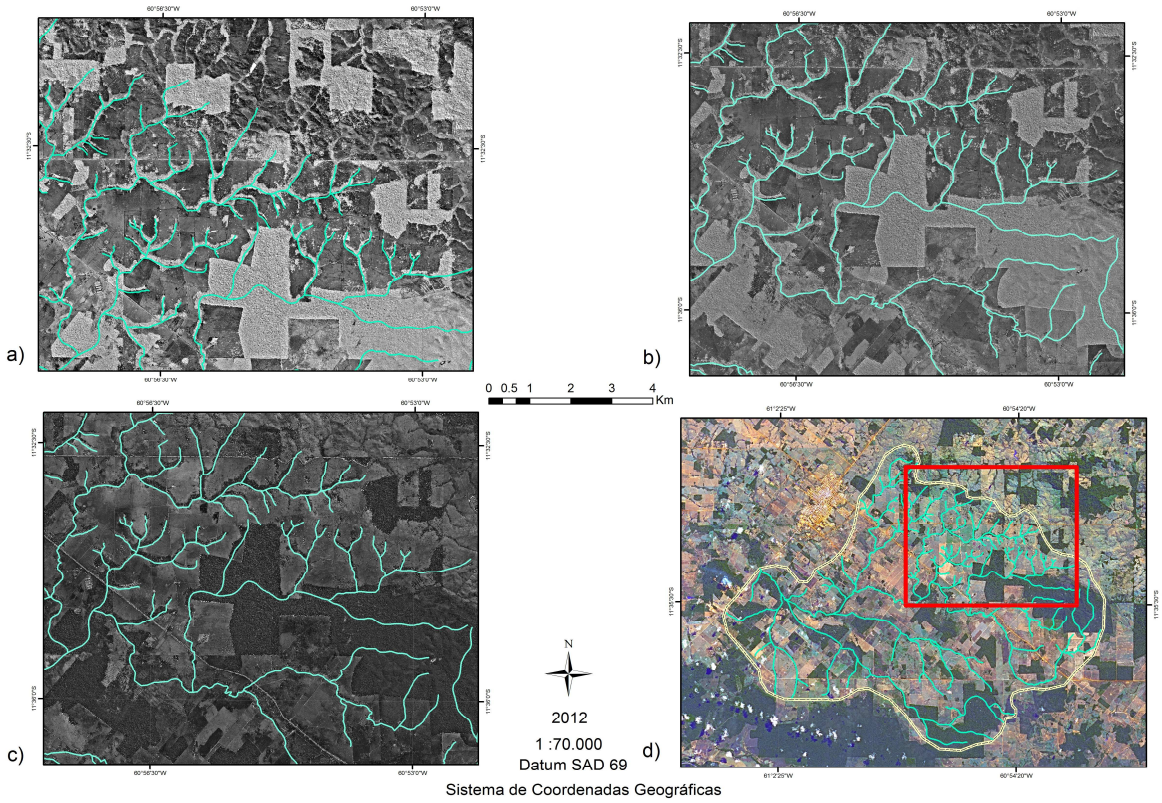

Figura 2. Imagens sintéticas geradas a partir do MLME. As figuras a, b, c e d representam respectivamente as frações solo, sombra/água, vegetação e a composição colorida.

Classificação supervisionada - A próxima etapa do processamento foi a classificação supervisionada (seleção de amostras) com um algoritmo paramétrico de Máxima

Probabilidade (*Maximum Likelihood*). Este é um dos métodos mais populares de classificação automatizado, baseado nas amostras (valores de pixel) de cada alvo mapeado na imagem. O método está baseado na hipótese de que cada pixel tem a máxima probabilidade de ser classificado na sua correspondente classe, cuja amostra foi coletada. A classificação foi realizada no software ENVI 4.6.1 e deu origem a uma informação temática com legenda pré-estabelecida.

Devido às particularizações da cobertura observado na região, buscou-se correlacionar o tipo de uso da terra (floresta, pasto abandonado (regeneração), pastagem e solo exposto) com as classes já estabelecidas pelo mapeamento do ZEE-RO. A assimilação das duas informações foi feita através de um código único para ambos, de modo que facilitasse a relação das informações contidas na base cartográfica, o produto gerado pela classificação das imagens e a verdade terrestre através do método da convergência de evidência, identificados na base cartográfica pelos pontos de GPS e checadas pelo registro fotográfico realizado nas atividades de campo.

Desta forma, foram definidos como produto da classificação e do ZEE-RO as seguintes classes de interesse (legendas): Áreas de Floresta (Ombrófila Aberta - **As** e Cerrado/Savana Florestada - **Cd**); Áreas de Savana - **Ca** e/ou Pastagem Abandonada; Área Antropizada – **00** /Pastagem e Solo Exposto (afloramento rochoso, estradas e solo nú). Vale ressaltar que a escolha das classes também foi baseado no propósito final da pesquisa que foi de ressaltar o grau de proteção que a vegetação exerce no ambiente estudado em relação à erosão hídrica, agrupando portanto os tipos de vegetação arbóreo de grande porte, médio, baixo e sem vegetação.

Para avaliação do desempenho estatístico do classificador empregou-se o Índice de concordância *Kappa* para avaliar a precisão da classificação temática, pois esta análise é um método multivariado discreto utilizado para calcular a medida de concordância global, sendo baseada na diferença entre a concordância real de classificação e os dados de referência. A referência do nível de significância de *Kappa* está baseado na avaliação de Landis e Koch (1977) *in* Amaral et. al (2009).

3. Resultados e Discussão

A obtenção da cobertura vegetal com informações extraído das imagens HRG-SPOT 5, mostrou-se eficiente na separação das principais classes na região do manancial do rio Palmeira. O Modelo Linear de Mistura Espectral permitiu destacar os dados de interesse com boa qualidade, conforme mostra a tabela 1 que aponta o índice de *Kappa* com bom nível de acurácea das informações formuladas a partir da classificação, de acordo com a avaliação de Landis e Koch (1977).

Tabela 1: Índice geral de Kappa e para cada classe.

Overall Accuracy = (316963/343697) 92.2216%
KappaCoefficient = 0.6707

ClassP	**rod. Acc. (Percent)**	**User Acc. (Percent)**
floresta	91.55	99.92
Pastagem abandonada	96.93	19.62
pastagem	99.62	99.76
solo	99.56	96.80
sombra/água	96.94	28.19

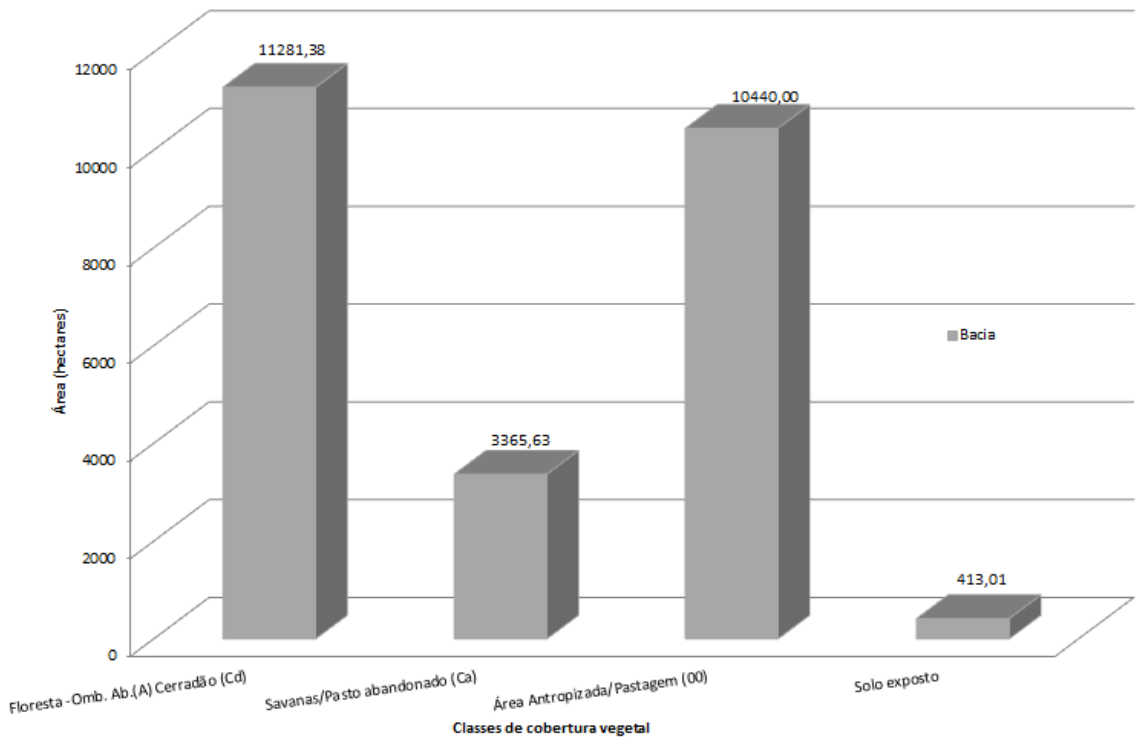

Figura 3: Dados temáticos da cobertura vegetal atual do manancial do rio Palmeira obtidos através de técnicas de processamento digital de imagens.

A figura 3 mostra o quantitativo da distribuição espacial da cobertura vegetal obtido pelo satélite SPOT 5. De um total de 25.500 ha, a cobertura vegetal denominada de Áreas Antropizadas constitui a segunda categoria de maior relevância em tamanho de área. Neste tipo de classe há predomínio da cultura agropecuária caracterizada pelo baixo nível de manejo, não sendo identificada nenhuma outra cultura perene ou temporária com grande relevância para o mapeamento. As Áreas Antropizadas representam 40% da área do manancial.

A figura 3 também revela que as áreas de solo exposto correspondem a regiões de estradas não pavimentadas e, fazendo um recorte para as áreas de APP obtêm alvos como areais ou erosões, estimadas em torno de 1,6%. O resultado indicou que atualmente cerca de 44% da área estudada possui uma cobertura sob forma de Florestas, ou seja, Floresta Ombrófila Aberta (As) e Savana florestada (Cd).

É possível notar na figura 4 que há dois grandes fragmentos florestais ao sul e de acordo com os dados de vegetação do ZEE-RO (1999) pertence à classe das Florestas Ombrófila Aberta e o outro fragmento localizado a nordeste da bacia possui características de Savanas Florestadas. As demais áreas florestadas por possuírem características de fragmentos florestais reduzido, apontam que as áreas de reserva legal contribuem para o aumento da cobertura vegetal na região.

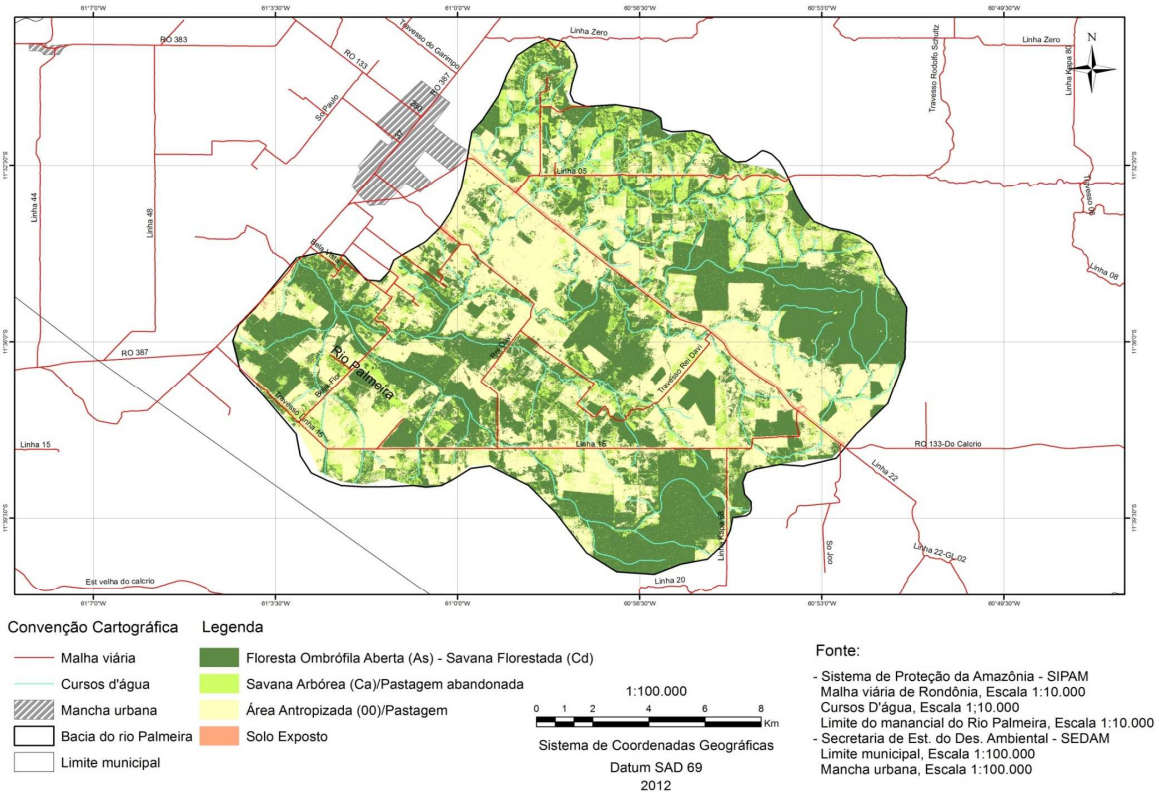

Figura 4: Mapeamento gerado por processamento digital das imagens SPOT 5 com o uso das técnicas de Modelo Linear de Mistura Espctral e Classificação Supervisionada.

3.1. Avaliação da mudança da cobertura vegetal

Primeiramente, é necessário destacar que o mapeamento produzido pelo sensor HRG, cuja resolução espacial é de 2,5 metros, possui um nível de detalhe maior do que o mapeamento do ZEE-RO elaborado com escala 1:250.000. Isto torna-se nítido ao comparar as feições temáticas de cada mapa e pode ser uma observação importante ao analisar a figura 5 que destaca a diferença espaço-temporal de cada classe.

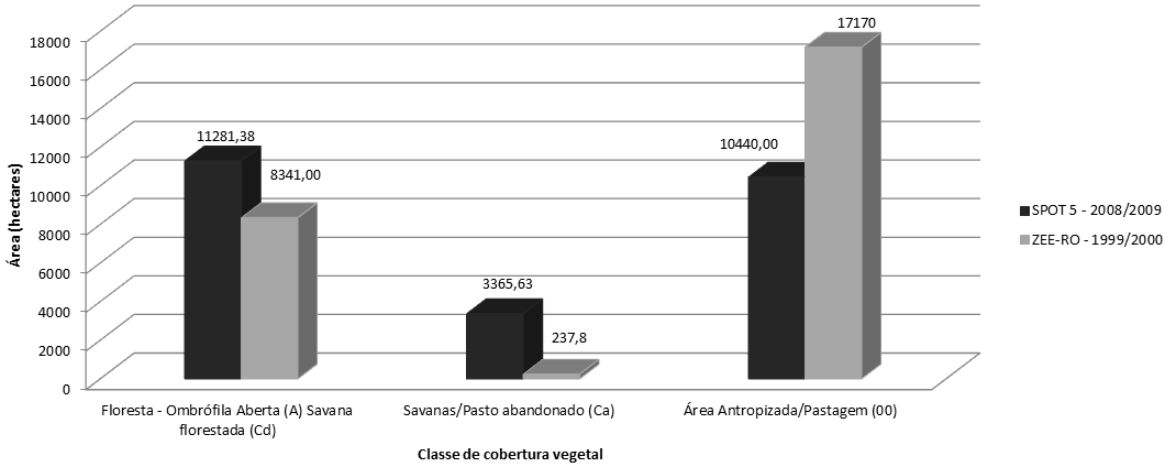

Figura 5: Comparação espaço-temporal do mapeamento obtido pelo sensor HRG – SPOT 5 e o mapeamento da cobertura vegetal produzido pelo ZEE-RO.

Na área estudada as modificações no padrão de cobertura evidenciam as seguintes situações. Em 1999/2000 o mapeamento do ZEE-RO indica que a classe mais representativa foi de Áreas Antropizadas ocupando cerca de 66% (17.170 ha)da área total do manancial,

demonstrando que neste período já era uma área de ocupação consolidada pelo processo geopolítico das décadas anteriores. No entanto as imagens do satélite SPOT 5 detectaram que o número de Áreas Antropizadas foi de 40% (10.440 ha) da área total atual, apontando uma redução de 25% desta classe.

Em decorrência desse decréscimo, destaca-se o aumento das áreas de floresta, que representava cerca de 32% (8.341 ha) e agora possui 44% (11.281 ha) da área total estudada, totalizando uma diferença de 12%. Com relação às áreas de Savana Arbórea e neste estudo relacionada á pastagem abandonada por possuírem o mesmo padrão de vegetação, também houve um aumento significativo de 12%. De acordo com o ZEE-RO esta classe possuía poucos menos de 1% (237 ha) da área total e com as informações temáticas oriundas do sensor HRG agora esta classe representa cerca de 13% (3.365 ha) da área total.

4. Conclusões

A metodologia de obtenção da cobertura vegetal com informações extraído das imagens HRG-SPOT 5 e os respectivos métodos de processamento digital de imagens, mostraram-se eficientes e adequados para caracterizar e avaliar a mudança de cobertura vegetal no estado de Rondônia.

Em relação ao padrão de mudança da cobertura vegetal observado na área experimental e mesmo considerando a diferença entre as escalas de detalhes de cada mapa temático, pode-se destacar as classes categorizadas como Áreas Antropizadas no ZEE-RO, que sofreu uma redução significativa quando comparado com as informações temáticas do satélite SPOT 5. Em decorrência desse decréscimo foi identificado o aumento das classes de Floresta e Savana, interpretado neste trabalho como áreas Pastagem abandonada, uma vez que este tipo de vegetação (Savana) abarcava somente 1% da área,.

Contudo, o comportamento da cobertura vegetal analisado por este trabalho não pode ser considerado como padrão de mudança da cobertura no estado Rondônia, deve ser considerado peculiar da região estudada, sendo necessária a aplicação desta metodologia para então conhecer a realidade atual da cobertura vegetal no estado de Rondônia.

Referências Bibliográficas

Amaral, M. V.F.; Souza, A. L.; Soares, V. P.; Soares, C. P. B.; Leite, H. G.; Martins S. V.; Filho, E. I. F.; Lana, J. M. Avaliação e compação de métodos de classificação de imagens de satélites para o mapeamento de estádios de sucessão florestal. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 575-582, 2009.

Fernandes, L. C. Estudo multi-temporal do uso, ocupação e perda de solos em projetos de assentamento em Rondônia/ Luiz Claudio Fernandes. – Rio Claro - SP, 2008. Tese (doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista - UNESP.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) – Cidades@Brasil município por município. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em novembro de 2010.

Kawakubo, F. S.; MORATO R. G.; LCHIARI, A. Processamento das imagens HRG-SPOT 5 na determinação de classes de uso da terra e manchas de cobertura vegetal na região de Teodoro Sampaio – pontal do Paranapanema. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº 15, pp. 127 - 136, 2004.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y.E. - 2007 **- Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. Editora Parêntese, São José dos Campos. 135 p

Rondônia. Governo do Estado de Rondônia. Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. **Segunda Aproximação do Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico do Estado de Rondônia**. Porto Velho, Rondônia, 1999.

Silva Filho, E.P**. Estudo da degradação de solos em áreas de pastagens no município de Porto Velho (RO)** / Eliomar Pereira da Silva. – Rio Claro : [s.n.], 2009. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista,Instituto de Geociências e Ciências Exatas.