

## **Análise do Passivo Ambiental do Município de Trindade-GO Através da Utilização de Imagens CBERS 2B HRC/CCD e Landsat-TM**

Lindolfo Caetano Pereira Junior <sup>1</sup>  
Nilson Clementino Ferreira <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG  
Rua 75, nº 46, Centro. CEP: 74055-110. Goiânia – GO  
lindolfocaetano@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás – UFG  
Escola de Engenharia Civil  
Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente  
Praça Universitária s/n. Setor Universitário. CEP 74605-220 - Goiânia - GO  
nclferreira@gmail.com

**Abstract.** The Cerrado biome is suffering more each day with the anthropogenic actions, which considerably alter their characteristics. Several studies bring the current situation of the biome, but at the regional level, are still necessary local analyses. The use of high resolution imagery brings a new horizon for this type of study, reducing costs and time to obtain the desired products. But some problems can be found, as areas not imaged and with clouds presence. Thus arises the need to have tools to support, to mitigate these adversities. It was proven in this work that is viable to use images with lower spatial resolution to fix these problems. The techniques of classification that occurred from the segmentation process proved very efficient for the mapping of remnant vegetation, but with restrictions as to differentiate between agriculture and pasture, due to high correlation between the reflectance values of the both targets. The results obtained during the preparation of this study show that government data are under-estimated. The environmental degradation in the municipality of Trindade-GO is a serious problem and requires immediate action by the competent institutions. The characteristics of use and occupation of the city follow the pattern of the vast majority of Brazilian municipalities, with agricultural activities and livestock occupying about 77.80% of the total area of the municipality.

**Palavras-chave:** Cerrado biome, image segmentation, image classification, use and land cover, Cerrado bioma, segmentação de imagens, classificação de imagens, cobertura e uso do solo.

### **1. Introdução**

A insustentabilidade do atual modelo de desenvolvimento da sociedade repousa no fato de ser o grande responsável pela exaustão das florestas, da fauna, dos solos, dos recursos hídricos e até de alterações significativas na atmosfera (Alcoforado, 1997).

A elevada diversidade biológica e a intensa pressão antrópica a que o cerrado vem sendo submetido fizeram desse bioma uma das 25 áreas mundialmente consideradas críticas para a conservação da biodiversidade. Especificamente no Estado de Goiás, única unidade da federação totalmente inserida nos domínios do cerrado, aproximadamente 42,5% do território encontra-se recoberto por pastagens cultivadas, enquanto apenas 4,89% da área total do Estado representa as unidades de conservação federais, estaduais, municipais e particulares. Neste cenário se torna fundamental o monitoramento do cerrado a fim de gerar subsídio à tomada de decisão das autoridades competentes e aplicação de forma mais eficaz das leis em vigor. Atualmente lançando-se mão das técnicas de geoprocessamento pode-se de maneira relativamente rápida monitorar toda a extensão do cerrado e outros biomas (Novaes *et. al.* 2003).

Segundo Ab'Sáber, 2003 em Goiás as modificações dependeram de transformações fundamentais na produtividade das terras de cerrados, a par com uma extensiva modernização dos meios de transporte e circulação. Acima de tudo, porém, o desenvolvimento regional

deveu-se a uma harmoniosa transformação acoplada do meio urbano e dos meios rurais a serviço da produção de alimentos.

Apesar dos dramáticos impactos das áreas de pastagens e agricultura sobre a cobertura vegetal nativa do bioma cerrado, nas últimas décadas, induzido principalmente pelo desenvolvimento da agricultura, da pecuária e também da indústria, vários municípios vêm impactando de forma significativa o bioma, em nível local, devido às expansões de suas áreas urbanas. Este é o caso da região metropolitana de Goiânia, composta por 11 municípios onde reside quase a metade da população de todo o estado de Goiás.

Estudos realizados em nível global mostram a conjuntura atual do bioma cerrado, porém existe ainda a necessidade de acompanhamentos mais específicos do bioma estudando seu comportamento em porções específicas como em um município por exemplo. Para este caso já se faz necessária à utilização de técnicas e materiais específicos a este tipo de levantamento. Os materiais necessários a este tipo de levantamento até pouco tempo eram bastante onerosos, porém com a entrada em órbita do satélite CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*) e posteriormente CBERS 2B, há agora disponível de forma gratuita a principal matéria-prima à este tipo de estudo, imagens de média e alta resolução espacial.

O objetivo deste trabalho foi efetuar o mapeamento do município de Trindade, integrante da região metropolitana de Goiânia, a fim de identificar e quantificar as áreas que não estão em conformidade com a legislação em vigor. Além de efetuar análise estatística a fim de verificar a possibilidade de utilização de imagens de maior resolução espacial, para estimar áreas com problemas em imagens de alta resolução espacial.

## 2. Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho foi o município de Trindade situado na região metropolitana de Goiânia, Estado de Goiás. O município se encontra entre as coordenadas 16° 29' 21,48" Sul, 49° 41' 43,79" Oeste e 16° 48' 40,78" sul, 49° 22' 46,05" Oeste, com altitude média de 756 metros e relevo suave. A área total do município é de 713,280 Km<sup>2</sup> segundo SIEG (Sistema Estadual de Estatística e Informações Geográficas de Goiás) 2002, correspondente a 0,21% da área total do estado.

Com população estimada de 102.870 habitantes segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008), sendo assim o 8° município em população do estado. É, segundo o SEPIN, 2005 (Superintendência de Estatística, Pesquisa e Informação) o 20° município mais competitivo do estado. Tendo como base de sua economia o turismo religioso, a agricultura e a pecuária. Sua produção mineral se restringe a extração de argila para cerâmica. Possui IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), médio em torno de 0,695.

O sistema de drenagem local integra-se com a bacia do Rio Paranaíba. Os cursos d'água mais extensos do município são: Ribeirão Fazendinha, Rio Santa Maria, Córrego do Bugre, Córrego Barro-branco, Ribeirão Arrozal e Córrego do Sabão. A drenagem local se caracteriza basicamente por cursos d'água de média e pequena vazão.

Segundo dados referentes aos remanescentes do bioma Cerrado disponibilizados pelo Governo Federal no ano de 2008, por meio do MMA (Ministério do meio ambiente), que foi o responsável pelo PROBIO. Segundo dados do projeto a área de remanescentes no município de Trindade é de 69,73 Km<sup>2</sup>.

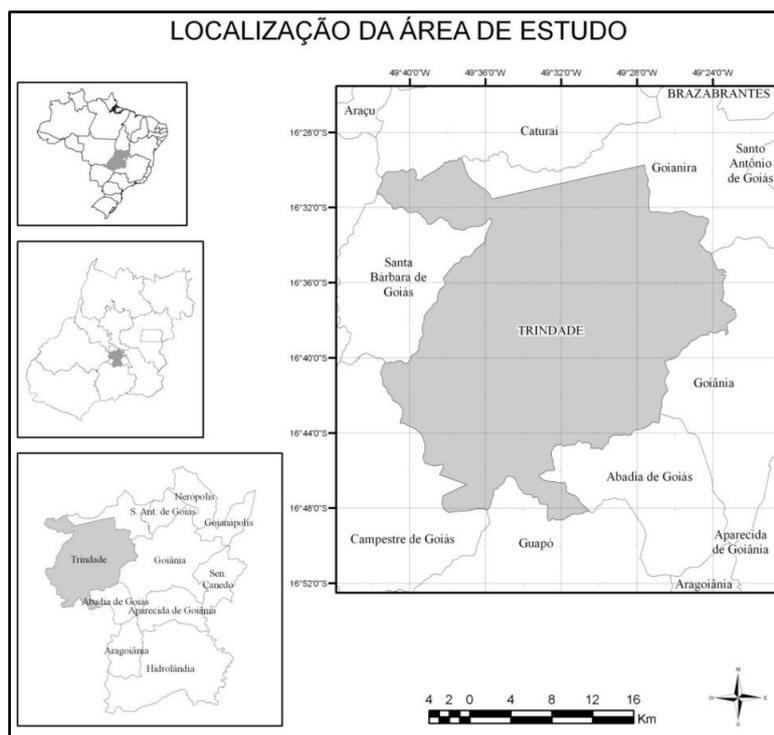


Figura 1. Localização da área de estudo.

### 3. Metodologia

Para realização deste trabalho foram utilizadas imagens orbitais geradas pelo sensor HRC (*High Resolution Camera*). Este possui uma única banda pancromática que atua de 0,50-0,80  $\mu\text{m}$  do espectro eletromagnético. Encontra-se a bordo do satélite CBERS 2B e gera imagens com resolução espacial de 2,5 metros. As imagens utilizadas foram dos meses de julho, agosto e outubro de 2008.

Foram utilizadas também imagens orbitais obtidas pelo sensor CCD, que também se encontra a bordo do satélite CBERS 2B. Para este trabalho foram utilizadas as bandas 2, 3 e 4. As imagens utilizadas datam de 26 de julho de 2009. Foram necessárias ainda imagens orbitais obtidas pelo sensor TM (*Thematic Mapper*), que se encontra a bordo do satélite Landsat 5.

Foi utilizado um conjunto de dados e informações de estações geodésicas do Sistema Geodésico Brasileiro – (SGB). Sendo para este, utilizadas as coordenadas dos vértices de triangulação, estações de poligonal e estações de GPS, contidos no município e/ou próximos a ele. Foram utilizados ainda alguns dados vetoriais, tais como drenagem e malha viária, a fim de facilitar a interpretação dos mesmos na imagem final, além do limite municipal.

De posse da base de dados anteriormente citada, foi realizada a reamostragem das cenas CCD para 10 metros. Esta se fez necessária para melhorar a qualidade visual do produto final, uma vez que foi realizada posteriormente a fusão das cenas CCD e HRC.

Com as cenas CCD devidamente reamostradas foram então realizadas os registros das mesmas. Este processo consiste em executar as correções geométricas da imagem CCD, tendo como referência as cenas HRC. A utilização possibilitou a obtenção de um produto final de melhor qualidade.

As técnicas de fusão possibilitam integrar a melhor resolução espacial da banda pancromática com a melhor resolução espectral das demais bandas, produzindo imagem colorida que reúne ambas as características. As técnicas de fusão incluem: (i) Intensidade, Matiz e Saturação (IHS); (ii) Principais Componentes; (iii) Transformação de Brovey; (iv) Transformação Wavelet, dentre outros (Leonardi *et. al.* 2009).

Neste trabalho, foi utilizado o método IHS, que traz resultados bastante significativos com pequena demanda de processamento, e atualmente está disponível na maioria dos programas computacionais de processamento digital de imagens. A figura 2 ilustra o resultado final do processo de fusão.

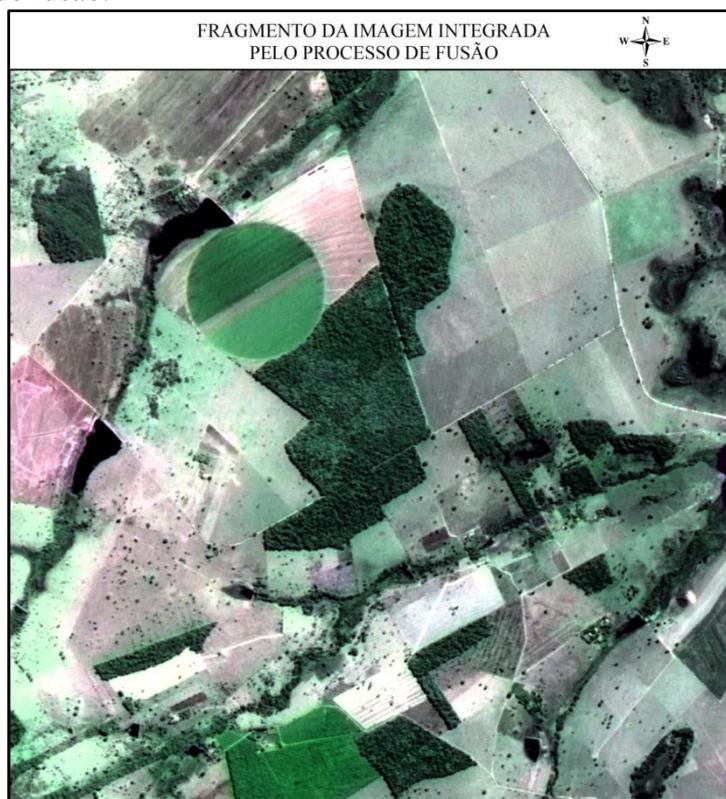


Figura 2: Fusão, bandas: 2,3 e 4 do sensor CCD e banda pancromática sensor HRC.

Com as imagens agora integradas, através do processo de fusão, foi possível a partir das coordenadas dos pontos do SGB, determinar suas coordenadas para a projeção cartográfica UTM (Universal Transverso de Mercator) com datum SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas).

O processo de vetorização da malha viária e da drenagem foi realizado de forma manual, utilizando-se para tal a análise visual das imagens integradas através do processo de fusão.

A classificação das imagens obtidas através da integração pelo processo de fusão se deu inicialmente com a segmentação das mesmas. Segundo (Bhanu e Lee, 1994) a segmentação de imagens é geralmente o primeiro e mais complexo processo para se interpretar uma imagem de forma automatizada. Refere-se ao agrupamento de regiões da imagem que possuem características semelhantes. Todos os processos de interpretação subsequentes como extração de feições, detecção de objetos, reconhecimento de objetos e classificação dependem fortemente da qualidade da segmentação.

Os segmentos formados agrupam feições homogêneas, neste trabalho foram consideradas no processo de segmentação as características espectrais, espaciais e de textura da imagem para a criação dos segmentos. A segmentação se divide em duas etapas: a segmentação inicial e o agrupamento dos segmentos inicialmente gerados. Os agrupamentos utilizados ficaram em torno de 80% a 95%, dependendo da cena em questão, este valor de agrupamento de segmentos similares dependerá das características de cada imagem, este é um valor subjetivo.

A reambulação dos segmentos gerados foi realizada de forma manual. Devido à baixa resolução espectral e a alterações radiométricas que ocorrem no processo de fusão pelo método IHS (Intensidade, Matiz e Saturação). Estes fatores fizeram com que as técnicas de classificação automáticas e manual, não apresentassem acurácia aceitável para este trabalho.

O refinamento das classes geradas em um processo de classificação, neste caso, seria mais complexo do que a simples interpretação dos segmentos gerados. O processo de segmentação apresentou resultados satisfatórios na extração de feições da imagem.

Para a classificação das imagens orbitais do sensor TM, foi utilizado o método *ISOSEG*, que é um algoritmo de agrupamento de dados não supervisionado. Ele atua sobre as regiões segmentadas e associa um conjunto de segmentos a uma classe levando em consideração atributos estatísticos de média, a matriz de covariância e a área. Neste processo foram reconhecidas pelo classificador, 25 diferentes classes de similaridade na imagem. A dificuldade no refinamento se deve a áreas muito pequenas que foram geradas devido aos problemas mencionados, isto faz com que dentro de uma classe existam diversas outras classes com área mínima. Este problema foi facilmente contornado aplicando-se um filtro majoritário de 3X3, que eliminou os erros inseridos no processo de classificação.

O refinamento da classificação realizada pelo método *ISOSEG* se faz necessário, uma vez que as imagens aqui utilizadas possuem baixa resolução radiométrica. A edição inicial se deu por agrupamento de classes, no entanto verificou-se que existia grande mistura entre as que englobavam agricultura e a pastagem, deste modo optou-se por extrair pelo processo automático apenas as classes referentes a remanescentes que neste caso foram cinco das geradas inicialmente. Este agrupamento foi editado manualmente para correção dos erros de comissão e omissão existentes.

Finalizado o refinamento das classes, tanto para a imagem TM quanto para a imagem integrada pelo processo de fusão, foi então realizada uma análise topológica entre as classes geradas a partir do mesmo sensor. A verificação de topologia é realizada para que erros como espaços entre classes ou sobreposição das mesmas não sejam adicionados ao resultado final.

Para este trabalho foram implementadas duas condições topológicas, sendo a primeira a não sobreposição de polígonos, para esta condição não foram encontrados erros de topologia. Em um segundo momento implementou-se a regra de existência de igualdade entre fronteiras, onde alguns erros foram encontrados. Aplicando-se então uma tolerância de 5 metros, que se encontra dentro do padrão de exatidão cartográfica classe A, que possui tolerância igual a 0,03 mm, sobre a escala final que foi 1:25.000, o que permite tolerância de até 7,5 metros, porém foi considerado o erro da escala gráfica da carta sendo assim aplicado um fator de 0,02 mm, para o cálculo da tolerância. Este processo foi suficiente para corrigir todos os erros de não igualdade de divisas.

O mapa de uso e ocupação do solo em escala 1: 25.000, compilado a partir da imagem CCD-HRC apresenta um problema, pois existe neste, área equivalente a 30,71 Km<sup>2</sup>, onde não foi possível determinar o uso, pois esta área não foi imageada pelo sensor HRC, conforme apresenta a figura 3.

De posse dos dois mapas de uso e ocupação do solo sendo um em escala 1: 25.000 e outro em escala 1:100.000, foi então realizada uma comparação estatística entre áreas nas duas cenas. Este processo de comparação se faz necessário para verificar matematicamente, qual a possibilidade de se utilizar a união do mapa de uso gerado em escala 1: 25.000 com área faltante e o mapa de uso em escala 1: 100.000 para gerar um produto em escala 1: 25.000 de toda a área do município.

A amostragem dos remanescentes foi realizada coletando-se as áreas das mesmas feições nas duas imagens. Foi coletado um total de 267 amostras, onde a área correspondente na imagem HRC-CCD foi de 46,4 Km<sup>2</sup> e a área na imagem Landsat TM foi de 45,5 Km<sup>2</sup>, apresentando desta forma diferença na área total em torno de 2,05 %.

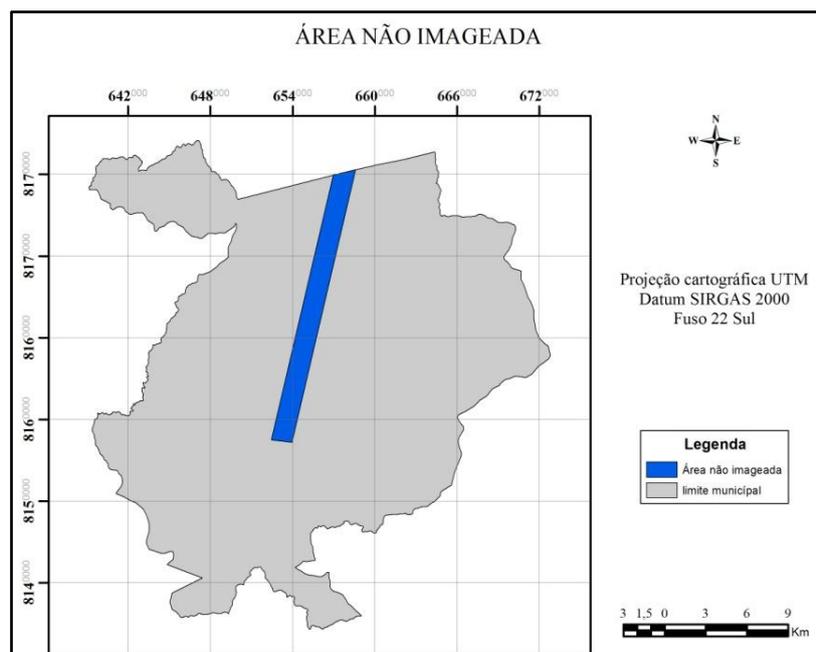


Figura 3: Área não imageada pelo sensor HRC.

Para a amostragem da agricultura foram coletadas todas as áreas cobertas pelos dois mapas simultaneamente, foram coletadas 121 amostras, totalizando uma área de 142,93Km<sup>2</sup> para as amostras oriundas da imagem CCD-HRC e 147,34 Km<sup>2</sup> para as amostras oriundas da imagem Landsat TM, tendo desta forma uma diferença de 3,09% na área total amostrada.

Para a pastagem a amostragem foi realizada gerando-se 65 polígonos de 3,078 Km<sup>2</sup> de área que foram distribuídos de forma a extrair coletas em toda a extensão do município, para cada polígono foi determinada a área de pastagem, que se encontrava nele contida. O mesmo processo foi realizado nos dois mapas de uso e ocupação do solo. A área correspondente a pastagem coletada no mapa resultante da fusão CCD-HRC foi de 118,81 Km<sup>2</sup>, e a área total de amostrada no mapa resultante da imagem Landsat TM foi de 116,61 Km<sup>2</sup>.

A determinação das APP's teve como base a Lei n° 4.771 que institui o código florestal brasileiro, de 15 de Setembro de 1965 e a resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), n° 303 de 20 de março de 2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

Com as áreas que de acordo com a legislação devem ser de preservação permanente, determinadas, foi possível analisar a situação de conservação destas áreas, determinando assim as áreas em desacordo com a lei.

#### 4. Resultados e Discussão

Foi comprovado matematicamente, que as imagens Landsat TM podem ser utilizadas como material complementar a trabalhos realizados com imagens de alta resolução, que apresentem problemas, como área não imageada ou presença de nuvens. Os resultados encontrados foram bastante acurados, uma vez que a variação global dos três tipos de alvos aqui estudados ficou em torno de 2,6%.

As áreas amostradas correspondentes a remanescentes que foram extraídas da imagem Landsat TM foram superestimadas em aproximadamente 6,91%, o que pode ser explicado pela grande presença de faixas muito finas de remanescentes ao longo da drenagem, sendo assim impossível o sensor captar estas com nitidez.

As amostras de agricultura utilizadas se comportaram de forma bastante homogêneas. Sendo que a diferença encontrada entre os dois materiais utilizados não passou de 3%, vale lembrar que todas as áreas utilizadas para agricultura e que se encontravam no produto

resultado da imagem advinda do sensor HRC foram amostradas. Através de análise de regressão concluímos que é possível estimar áreas agrícolas para imagens com 2,5 metros, utilizado para tal, imagens Landsat TM, com uma precisão de 99,9%.

A pastagem foi a feição que apresentou maior variação no conjunto de amostra como um todo, porém não chega a comprometer os resultados encontrados. Vale lembrar que neste caso as amostras coletadas partiram exatamente do mesmo polígono, e um deslocamento por mínimo que este seja na imagem Landsat TM, fato inclusive comum e esperado devido a resolução espacial de 20 metros, o que faz o georreferenciamento tenha algumas distorções, em relação a imagem HRC, ocasionando assim maior variação entre as amostras.

Comparando-se os resultados obtidos de remanescentes com os dados fornecidos pelo Governo Federal, por meio do PROBIO nota-se que os dados do projeto estão subestimados, ao menos no município estudado. Os dados do PROBIO dão conta de 69,73 Km<sup>2</sup> de remanescente para o município e neste trabalho foi constatada a existência de 121,14 Km<sup>2</sup> de remanescente para o mesmo. A área detectada pelo PROBIO corresponde a 57,55% da área real de remanescentes detectados neste trabalho.

O uso e ocupação do solo no município seguem a tendência nacional tendo como base de suas atividades comerciais, a produção agrícola com 77,80% de sua área destinada a este tipo de atividade.

Tabela 1: Uso e ocupação do solo.

| Uso e ocupação                            | Área em Km <sup>2</sup> | Área em % |
|---|-------------------------|-----------|
| Remanescente                              | 121,14                  | 17,02%    |
| Agricultura                               | 144,80                  | 20,34%    |
| Pastagem                                  | 408,98                  | 57,46%    |
| Perímetro urbano                          | 34,72                   | 4,88%     |
| Massas d'água                             | 2,82                    | 0,40%     |
| Área do município                         | 711,75                  |           |
| 1 – 0,2082 Km <sup>2</sup> em área urbana |                         |           |
| 2 – 0,1385 Km <sup>2</sup> em área urbana |                         |           |

O passivo ambiental do município de Trindade, como pode ser observado na tabela 2, se encontra acima da média nacional. Ainda como agravante desta situação 85,41% das APP's do município, foram tomadas por pastagem.

Tabela 2: Uso e ocupação em APP

| Uso e ocupação em APP   | Área em Km <sup>2</sup> | Área em porcentagem |
|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| Remanescentes           | 19,54                   | 48,11%              |
| Agricultura             | 2,44                    | 06,01%              |
| Pastagem                | 18,00                   | 44,32%              |
| Área urbana             | 0,63                    | 01,56%              |
|                         |                         |                     |
| Passivo ambiental total | 21,08                   | 51,89%              |
| APP total               | 40,62                   |                     |

## 5. Conclusões

As imagens dos sensores CCD/HRC, que são distribuídas gratuitamente, são suficientes para obtenção do uso e ocupação do solo em escala necessária para as análises a nível municipal. Conforme demonstrado ao longo do trabalho o uso de imagens orbitais Landsat TM como material de apoio a estudos utilizando-se as cenas do sensor HRC, se mostrou eficiente.

A classificação das imagens TM foi bastante acurada, evidentemente dentro de suas limitações devido à resolução, que causam certa perda de informações as margens dos cursos d'água, fato que não é suficiente para comprometer análises futuras, pois não ultrapassa 7 % da área total de remanescentes.

As alterações nos valores de pixel que são causadas, durante o processo de fusão utilizando-se o método IHS, dificultam a implementação de classificadores automáticos ou supervisionados, uma vez que a confusão entre os diferentes alvos torna demasiadamente complexo o processo de refinamento dos resultados destes métodos. Este tipo de situação pode ser atenuado utilizando-se técnicas de segmentação como apoio à classificação.

As APP's do município de Trindade necessitam de intervenções urgentes por parte dos órgãos ambientais, uma vez que o risco de assoreamento dos rios e surgimento de erosões se torna problema eminente. O crescimento populacional observado nos últimos anos, também vem a contribuir com os processos de degradação ambiental na região.

Uma vez que a utilização das imagens gratuitas e a metodologia aplicada se mostraram eficientes, é notório que existe a possibilidade de mapeamento de todos os municípios do estado com baixo custo em curto prazo, sendo necessário apenas o empenho das autoridades responsáveis.

### **Agradecimentos**

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa (2), para o segundo autor.

### **Referências**

Ab'Sáber, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

Alcoforado, F. **Globalização** – São Paulo: Nobel, 1997.

Bhanu, B., Lee, S. **Genetic learning for adaptive image segmentation**. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1994.

Brasil INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Informações da série de satélites CBERS**. Disponível em <http://www.cbbers.inpe.br/?content=lancamento3e4>, acesso em 16 de junho de 2010.

Informativo especial do Ministério do Meio Ambiente Ano I - Nº 06 - 10/09/2009. Disponível em [http://www.mma.gov.br/estruturas/182/\\_arquivos/informmacerrado\\_182.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/informmacerrado_182.pdf). Acesso em 21 de Abril de 2010 às 21:00 horas.

Leonardi, F., Oliveira, C. G., Fonseca, L. M. G., e Almeida, C.M. de. **Fusão de imagens CBERS 2B: CCD-HRC**. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil. INPE, p. 6951-6958: 2009.

Novaes, P. C., Ferreira, L. G., Dias, R. **Identificação de áreas prioritárias para conservação da biogeodiversidade no estado de Goiás**. Boletim Goiano de Geografia, vol.23 – nº 1 : 41-54. 2003

Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento; **Anuário Estatístico do Estado de Goiás – 2005**. Goiânia: SEPLAN, 2005.

Veiga, J. E. **Meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: SENAC, 2006. (Col. Meio Ambiente 5).