

OCUPAÇÃO E USO DA TERRA NA BACIA DO MÉDIO-BAIXO CURSO DO RIO ARAGUARI/MG

Occupation and land user in Medium Lower Araguari River Basin, Minas Gerais

Thallita Isabela Silva Martins¹
Sílvia Carlos Rodrigues²

Universidade Federal de Uberlândia

Instituto de Geografia

Av. João Naves de Ávila, 2121

Bloco 1H, Sala 1H16, Campus Santa Mônica

CEP: 38.408-100. Uberlândia – MG.

¹thallitaisabela@yahoo.com.br

²silgel@ufu.br

RESUMO

O presente trabalho visa apresentar o mapeamento das classes de uso e cobertura da terra na bacia do médio-baixo curso do rio Araguari, localizado entre as represas do Complexo Energético Amador Aguiar I e II, em Minas Gerais. Ressalta-se a importância do desenvolvimento de estudos nesta área, uma vez que, nos últimos anos, a mesma foi afetada pela construção de tais barragens, delineando mudanças na dinâmica ambiental e de uso da terra. Além disso, os principais objetivos realçam a aplicação de técnicas de geoprocessamento e processamento digital de imagens ALOS/AVNIR e Landsat 5/TM, destacando-se a utilização do classificador MAXVER. Os aplicativos utilizados correspondem ao ENVI 4.2 e ao conjunto ArcGIS 9.3.1. A metodologia considera a realização de diversos procedimentos essenciais para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra, a saber: fase de registro das imagens e/ou pré-processamento, fase de treinamento, fase de classificação e controle dos resultados, fase de Pós-classificação, fase de mapeamento e fase de validação do mapeamento, por meio da realização de trabalhos de campo. No que se refere aos resultados, estima-se que o conjunto de técnicas e métodos aplicados conferiram uma maior confiabilidade ao mapeamento, apesar da escala de trabalho adotada, que foi 1:100.000, devido à extensão da bacia de estudo (cerca de 1.180 km²). Entretanto, cabe salientar que o trabalho contribuirá como base para futuros mapeamentos, tanto na área de estudo em questão, quanto para outras áreas, possuindo aplicabilidade em diversos estudos ambientais, como por exemplo, análise da evolução temporal do uso e cobertura da terra, vulnerabilidade ambiental, entre outros. Ademais, o mapeamento realizado trata-se de um produto que pode ser aproveitado enquanto informação para futuros estudos na bacia do médio-baixo curso do rio Araguari.

Palavras chave: Mapeamento. Classes de uso. Classificação Pixel a Pixel. Geoprocessamento.

ABSTRACT

This paper presents the mapping of land use and land cover in the Medium Lower Araguari River Basin, located between the Hydroelectric Complex Amador Aguiar I and II dams, in Minas Gerais state. It is noted the importance of the development of studies in this area, because, in the last years, the same has been affected by construction of dams. This caused several changes in environmental dynamic and land uses of the basin. In addition, the main objectives emphasize the application of geoprocessing techniques and digital image processing, e. g. ALOS/AVNIR and Landsat 5/TM, with emphasis on the use of MAXVER classifier. Applications that used were ENVI 4.2 and Pack ArcGIS 9.3.1. The methodology considers several procedures for the elaboration of use and land cover map, namely: the registration of the images and / or pre-processing phase, training phase, classification and tracking results phase, post-classification phase, mapping phase and validation of the mapping phase, through the realization of field work. With regard to the results, it is estimated that the set of techniques and methods applied resulted a more reliable mapping, despite the scale adopted (1:100,000), due to the length of the study basin (about 1,180 km²). However, it should be noted that the work will contribute as a basis for future mappings, both in the study area in question, as to other areas, has applications in various environmental studies, such as temporal evolution of the use and land coverage, vulnerability environment,

among others. Moreover, the mapping done it is a product that can be used as information for future studies in the Medium Lower Araguari River Basin.

Keywords: Mapping. Use classes. Pixel by Pixel classification. Geoprocessing.

1 INTRODUÇÃO

Os estudos ambientais têm-se apoderado do avanço das tecnologias para geo-informações, o que contribui significativamente para o desenvolvimento dessa vertente de pesquisa. Não obstante, o presente trabalho visa a utilização das geotecnologias para o estudo do uso e ocupação da terra na bacia do médio-baixo curso do rio Araguari, em Minas Gerais.

É importante salientar, que por geotecnologias, também conhecidas pelo termo “geoprocessamento”, entende-se o conjunto de tecnologias que englobam diversas fases, a saber: coleta, processamento, análise e disponibilização de informações que apresentam referencial geográfico. São compostas pela associação de hardwares, softwares e peopleware, que são ferramentas importantes para a discussão e tomadas de decisão. Dentre as geotecnologias pode-se destacar os sistemas de informação geográfica, a cartografia digital, o sensoriamento remoto e o sistema de posicionamento global (ROSA, 2005).

Tendo em vista tal conceito, este trabalho objetiva, mais precisamente, o mapeamento do uso e cobertura da terra na área de estudo mencionada anteriormente, com a utilização de produtos de sensoriamento remoto e técnicas de processamento digital de imagens.

O sensoriamento remoto, simplificada, permite a obtenção de informações de objetos ou alvos, sem que se tenha contato físico com os mesmos. Envolve basicamente duas fases: a fase de aquisição e a fase de utilização de dados. Na primeira são fornecidas informações acerca da radiação eletromagnética, dos sistemas sensores, do comportamento espectral dos alvos, entre outros. Na segunda, têm-se as diferentes possibilidades de utilização dos dados, tanto para a Geografia como um todo, quanto para outras ciências como a Geomorfologia,

Geologia, Pedologia, Hidrologia, Agronomia, etc. (ROSA, 2004).

O processamento digital de imagens, por sua vez, constitui o método de aprimoramento da qualidade das imagens, envolvendo procedimentos que, em geral, são expressos sob a forma de algoritmos. Por esse motivo, a maior parte de suas aplicações, com exceção das etapas de aquisição e exibição, é realizada via software (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999). Além disso, envolve etapas de processamento e interpretação automática de imagens captadas por sensores remotos, cujas aplicações auxiliam os trabalhos em diversas áreas das Geociências, com destaque à Geografia Física.

Neste contexto, o mapeamento proposto dispõe da utilização de imagens dos sensores AVNIR do Satélite ALOS e TM do Satélite Landsat 5, a partir da aplicação do método de classificação pixel a pixel e classificador MAXVER, no intuito de disponibilizar um produto cartográfico temático e a análise sobre o uso e cobertura da terra na área de estudo, bem como demonstrar a aplicabilidade de ferramentas de processamento digital de imagens. Ressalta-se a importância do desenvolvimento de estudos e aplicações na bacia do médio-baixo curso do rio Araguari, uma vez que, nos últimos anos, a mesma foi afetada pela construção de duas barragens, que delinearão mudanças na dinâmica ambiental e de uso da terra. Além disso, diversos outros estudos são realizados acerca desta bacia no âmbito de projetos de pesquisa financiados por órgão nacional de fomento.

2 LOCALIZAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, correspondente à bacia do médio-baixo curso do rio Araguari, engloba a área de drenagem localizada entre as barragens de Miranda e as usinas hidrelétricas

do Complexo Energético Amador Aguiar (I e II). Recobre uma área de cerca de 1.180 km² no estado de Minas Gerais, na região do Triângulo Mineiro, sendo que, uma porção de 50% da área encontra-se no município de Uberlândia, 49% no município de Araguari e 1% no município de Indianópolis. O quadrante de coordenadas no qual está situada é o seguinte: 18°32'00"S na latitude norte, 47°55'00"W na longitude leste, 18°59'00"S na latitude sul e 48°30'00"W na longitude oeste (Figura 1).

Os ambientes do Domínio dos Cerrados foram, a partir da década de 1970, visados como área potencial para o avanço da fronteira agrícola do país. Destaca-se a implantação do POLOCENTRO (Programa de Desenvolvimento dos Cerrados), em 1975, conjuntamente com outros programas, tais como, o Programa Especial para a Região Geoconômica de Brasília – PERGEB, o programa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, criada em 1973; e o da Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural da EMBRATER, existente desde a década de 1950 (WAGNER, 1986).

Outro programa importante foi o Nipo-Brasileiro de Desenvolvimento Agrícola da Região dos Cerrados (PRODECER – fase I, a partir de 1979), cujo objetivo básico, similar aos demais, foi o de incentivo à modernização da atividade agrícola, que englobou mudanças na base técnica e produtiva, como a mecanização do campo em grandes extensões de terras, inovações tecnológicas, introdução de culturas de grãos voltados principalmente para a exportação, como a soja, o milho e o café. Essa agricultura moderna foi um dos motivos que causaram os maiores impactos ambientais na região dos Cerrados, especialmente sobre os recursos hídricos (CLEPS JUNIOR; PESSÔA; GOBBI, 2004).

Em termos gerais, na Bacia do Rio Araguari, conforme pontua Cleps Junior, Pessôa e Gobbi (2004), as principais áreas agrícolas encontram-se nos topos das chapadas e patamares basálticos, contemplando lavouras anuais de milho, soja e arroz. Em contrapartida, nas áreas mais próximas ao fundo do vale, onde há a tendência de uma maior rugosidade do relevo, com declives mais

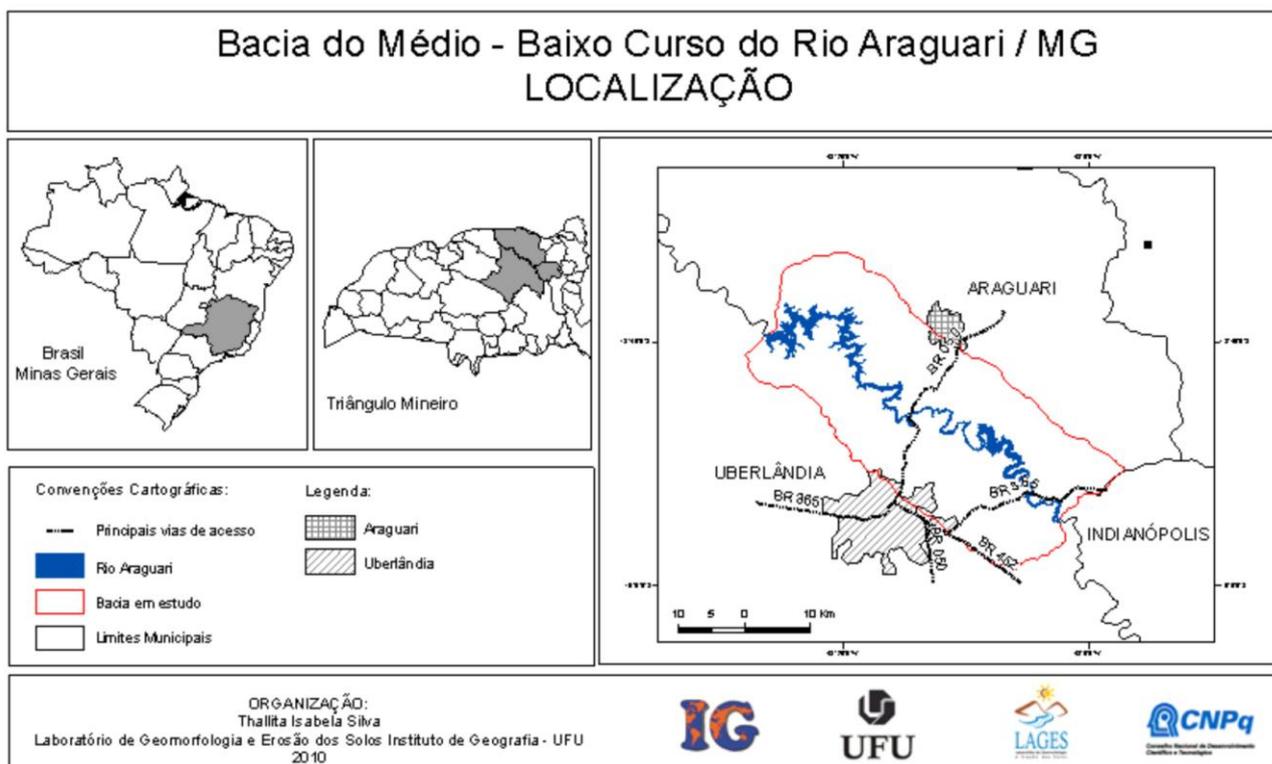


Figura 1: Mapa de Localização da área de estudo.
Fonte: Silva (2010).

acentuados, a dinâmica agrícola permanece tradicional, com a ocorrência de pastagens e agricultura familiar. No entanto, as pastagens também ocupam extensas glebas nas áreas de relevo tabular. Tal perfil prevalece na Bacia do Médio-baixo Curso do Araguari, sendo que, em trabalhos de campo recentes, observou-se uma expansão relevante da cultura de cana de açúcar nas médias e baixas vertentes, especialmente na região da margem direita.

Conforme é observado em vastas áreas de Cerrado, a Bacia do Rio Araguari sofreu severas mudanças ambientais decorrentes dos avanços da agricultura moderna, e em especial, devido à implantação das diversas usinas hidrelétricas no decorrer de seu curso. Esse é o caso do Complexo Energético Amador Aguiar I e II, cujas instalações ocorreram a partir do ano de 2006. A Figura 2 demonstra as alterações sofridas pela área de estudo em decorrência da implantação das usinas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, faz-se necessário demonstrar a estrutura metodológica do

trabalho, dividido em três partes principais, as quais podem ser visualizadas a partir do fluxograma representado na Figura 3.

Partindo do pressuposto de que a classificação de imagens digitais consiste no processo de diferenciação de objetos de determinada porção da superfície terrestre por meio da análise da informação espectral presente em cada pixel dessa imagem (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009), o mapa de uso e cobertura vegetal da área em estudo foi realizado com a utilização de técnicas de classificação pixel a pixel, de caráter supervisionado.

O software utilizado para esse fim foi o ENVI 4.2, que possibilita diversas funções de processamento digital de imagens, desde o pré-processamento até a pós-classificação. Porém, para efeito de mapeamento, como a finalização do layout do mapa entre outras funções que otimizam a sua aparência, utilizou-se o ArcGIS 9.3.1.

A classificação pixel a pixel consiste em utilizar apenas a informação do próprio pixel para encontrar padrões homogêneos. Este

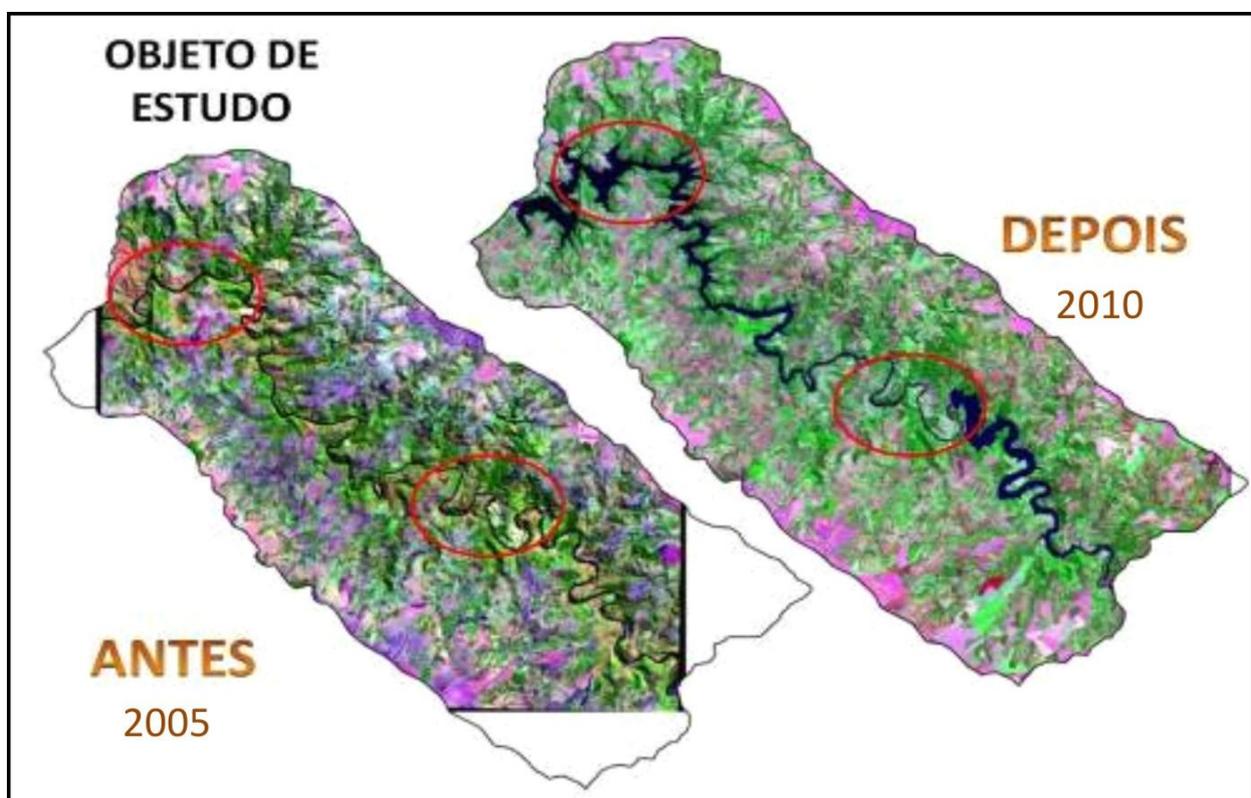


Figura 2: Antes e depois na área de estudo em função da implantação das usinas.

Fonte: Silva (2010).

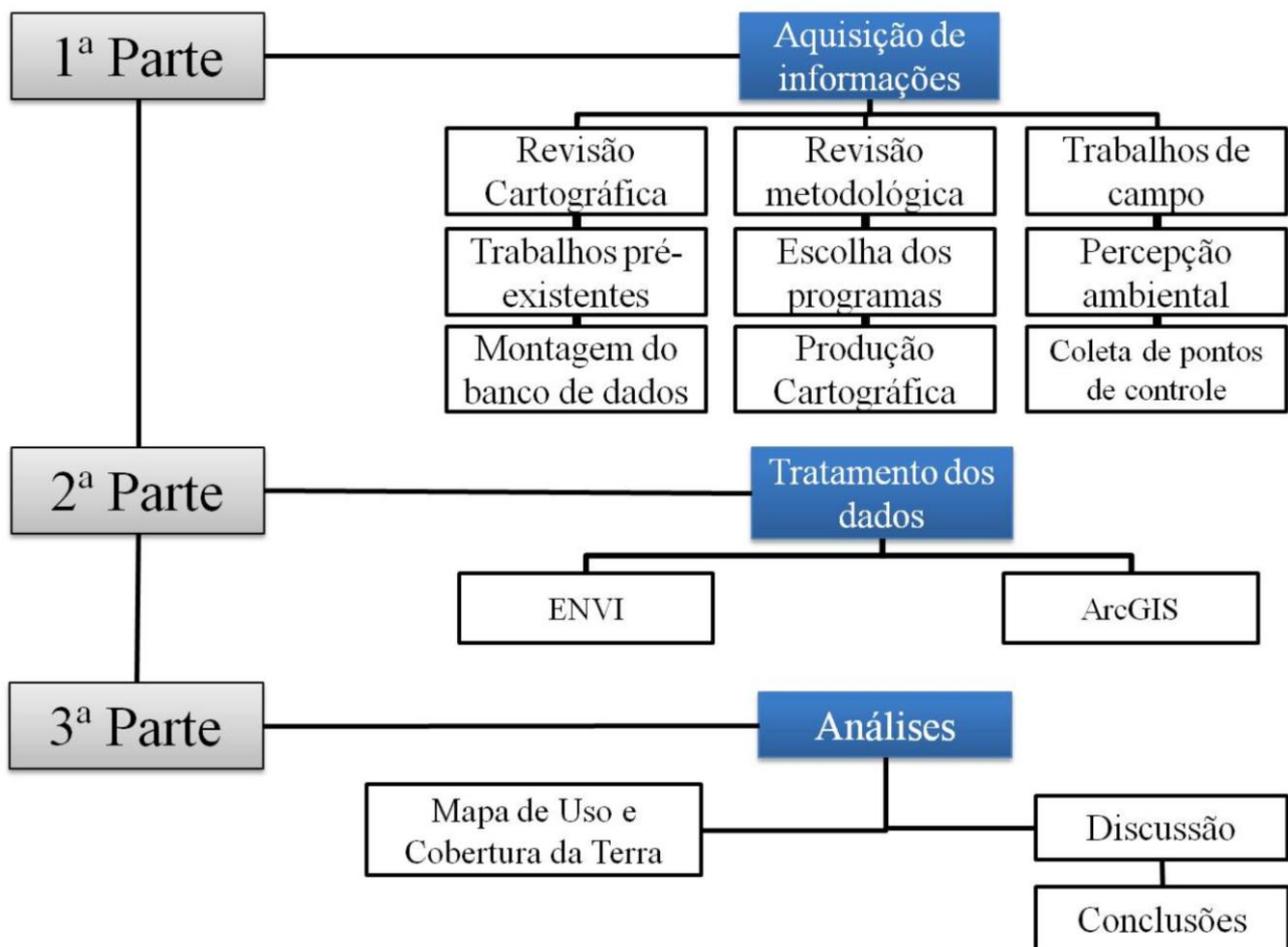


Figura 3: Fluxograma metodológico do trabalho.
Fonte: Fonte: Silva (2010).

Partindo do pressuposto de que a classificação de imagens digitais consiste no processo de diferenciação de objetos de determinada porção da superfície terrestre por meio da análise da informação espectral presente em cada pixel dessa imagem (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009), o mapa de uso e cobertura vegetal da área em estudo foi realizado com a utilização de técnicas de classificação pixel a pixel, de caráter supervisionado.

O software utilizado para esse fim foi o ENVI 4.2, que possibilita diversas funções de processamento digital de imagens, desde o pré-processamento até a pós-classificação. Porém, para efeito de mapeamento, como a finalização do layout do mapa entre outras funções que otimizam a sua aparência, utilizou-se o ArcGIS 9.3.1.

A classificação pixel a pixel consiste em utilizar apenas a informação do próprio

pixel para encontrar padrões homogêneos. Este classificador pode utilizar tanto métodos estatísticos a partir de regras da teoria de probabilidade, quanto determinísticos, que não utilizam probabilidade. Assim, o resultado de uma classificação digital de imagem é apresentado através de classes espectrais (regiões que possuem comportamento espectral semelhante), sendo que dificilmente o alvo é caracterizado por uma única assinatura espectral. Quanto à quantidade de bandas espectrais utilizadas para a classificação, esta pode ser unidimensional se aplicada a uma banda apenas, e multiespectral se depender da análise da distribuição dos níveis de cinza em diversos canais espectrais (SPRING, 2006).

Neste contexto, foram utilizadas imagens multiespectrais para o mapeamento das classes de uso e cobertura da terra, a saber: duas imagens do Satélite ALOS (Sensor

AVNIR 2) de 17 de abril de 2010 e 05 de maio de 2010 e uma imagem do Satélite LANDSAT 5 (Sensor TM) de 02 de maio de 2010. A partir de tais imagens foi possível chegar a uma classificação multiespectral da área em estudo.

A escolha de tais arquivos baseou-se na sua disponibilidade no servidor das imagens, bem como, pela cobertura da área da bacia e correspondência com as datas de realização dos trabalhos de campo. Tomou-se como pressuposto o fato de que a dinâmica de uso da terra não mudaria em um intervalo de tempo de 18 dias e também pelo pré-conhecimento sobre a área. Já em relação à diferenciação dos tipos de sensores (ALOS/AVNIR 2 e Landsat/TM), isto se deve ao fato de que uma pequena porção da área imageada pelo sensor AVNIR 2 possui cobertura de nuvem, o que impossibilitou a classificação. Deste modo, para suprir tal deficiência, utilizou-se um recorte da imagem gerada pelo sensor TM.

Em uma primeira etapa, realizou-se o registro dessas imagens no ENVI. As mesmas foram georreferenciadas a partir da base cartográfica do Exército Brasileiro. Sendo assim, tem-se o seguinte mosaico (Figura 4).

Os procedimentos realizados para o mapeamento do uso e cobertura vegetal podem ser sintetizados no fluxograma da Figura 5.

O primeiro passo a ser realizado em uma classificação multiespectral é o **Treinamento**, nesta fase ocorre o reconhecimento das assinaturas espectrais dos alvos. Pode ser dividido em supervisionado e não supervisionado (SPRING, 2006).

Neste trabalho optou-se pela realização da classificação supervisionada, uma vez que a mesma possibilita um resultado mais seguro e eficaz. Entretanto, para isso, é necessário possuir um conhecimento prévio da área a ser mapeada, bem como, dispor de informações que permitam a distinção entre as classes de interesse.

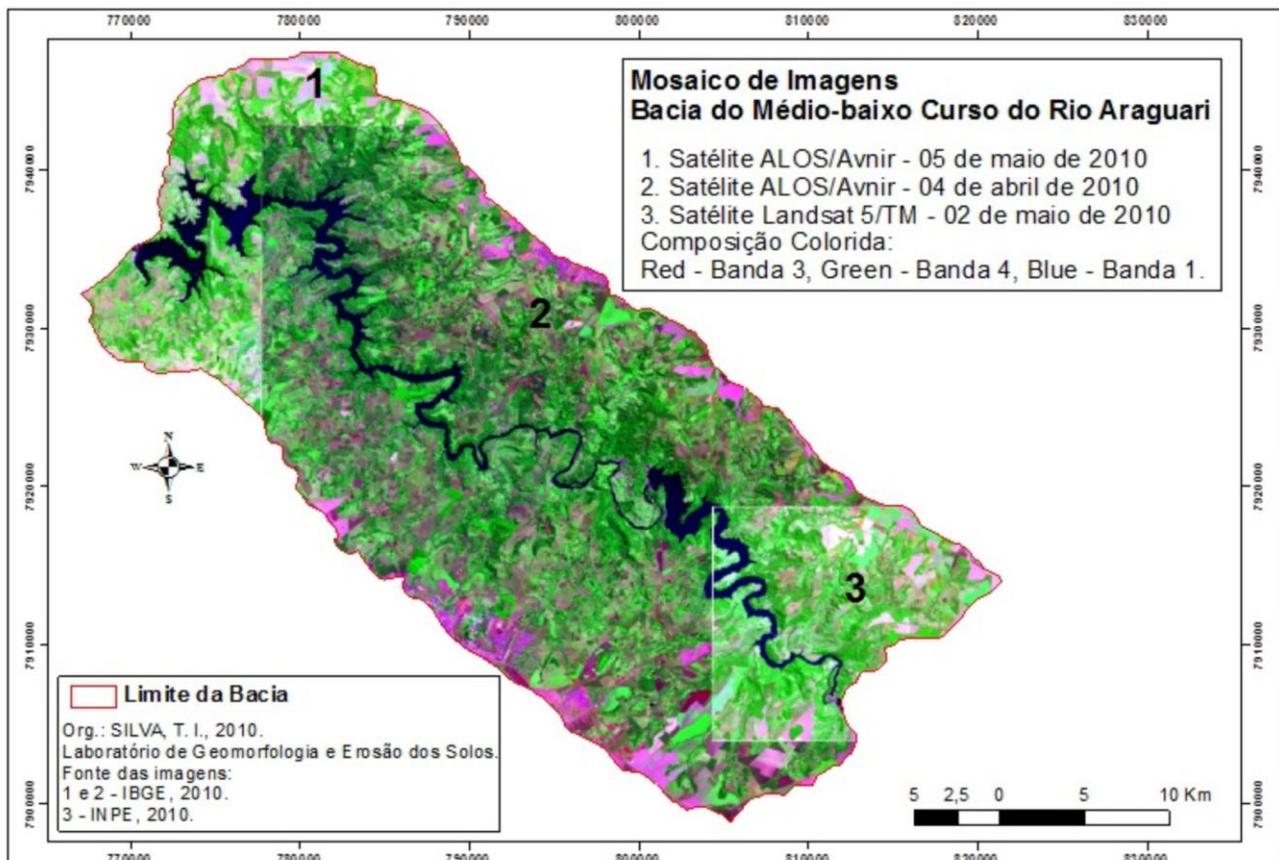


Figura 4: Mosaico de Imagens de Satélite da área de estudo.

Fonte: Silva (2010).

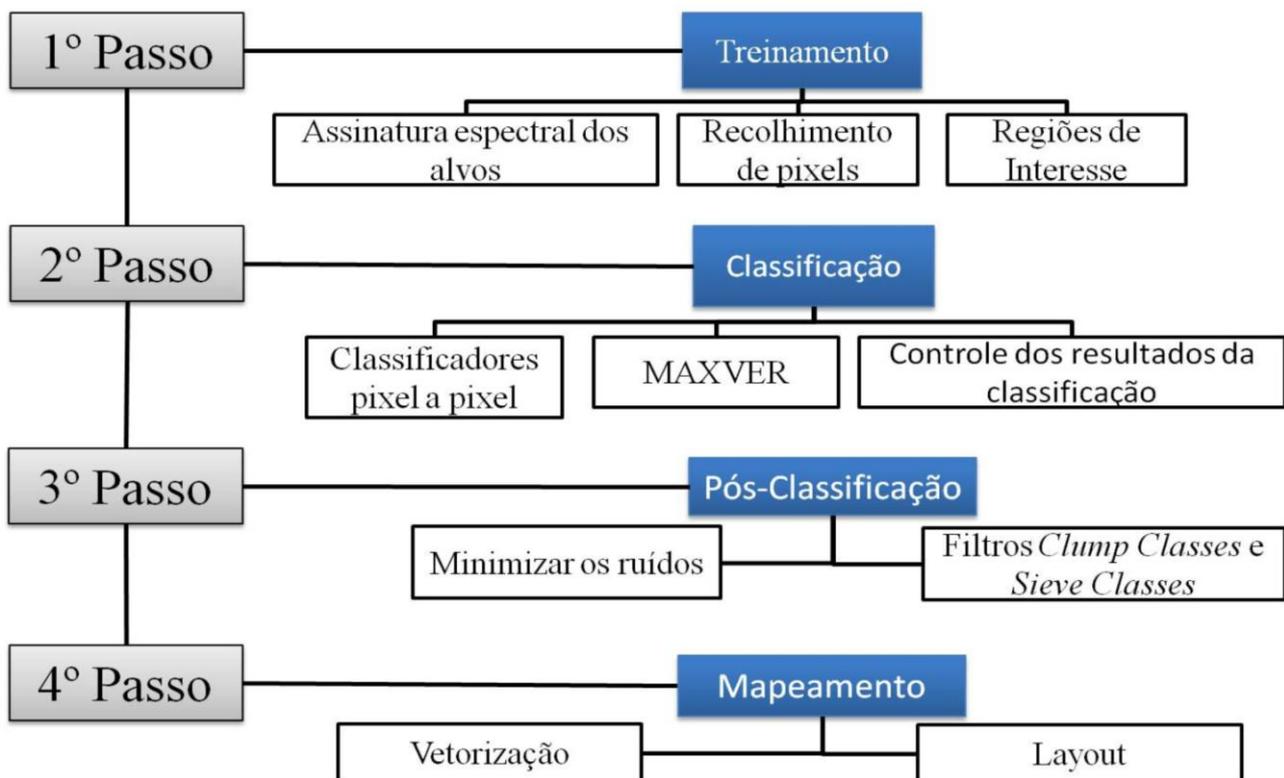


Figura 5: Procedimentos para o mapeamento.
Fonte: Silva (2010).

A etapa de Treinamento contou, portanto, com o recolhimento de pixels das regiões de interesse (ROIs), que são as amostras das classes que se deseja. Para cada amostra foi necessário retirar um número significativo de pixels (entre 500 e 600), tendo sido possível a diferenciação de seis classes amostrais: água, uso urbano, vegetação (Florestas/Cerrados/Florestamentos), cultura de ciclo curto, cultura de ciclo longo e pastagem. Entretanto, as classes de uso urbano e água, devido ao aumento da confusão entre os pixels, foram delimitadas em separado.

O segundo passo refere-se à **Classificação** propriamente dita. Para as técnicas de classificação pixel a pixel existem diversos tipos de classificadores, sendo os mais comuns: máxima verossimilhança (MAXVER), distância mínima e método do paralelepípedo.

O classificador MAXVER, também conhecido como *Maximum Likelihood*, é o mais utilizado para a aplicação em imagens de satélite (ENVI, [200-?]). Instituições como INPE e IBGE o utilizam com frequência em seus trabalhos. Trata-se de um método que se

baseia no cálculo da probabilidade que cada pixel possui de pertencimento a uma amostra, sendo que, todos os pixels da imagem são testados em todas as classes amostrais propostas e em cada banda espectral. Essa análise de probabilidade baseia-se na Distribuição Normal ou Gaussiana da amostra, em que cada pixel recebe a sua denominação conforme a sua maior probabilidade de pertencimento (PDI, [200-]).

Uma etapa importante que deve se seguir é o **Controle dos resultados da classificação**, para se chegar a um resultado homogêneo e para controlar a qualidade das classes amostrais aplicadas. Isso pode ser feito por meio da comparação visual entre a imagem original e a classificada, mas também, pela aplicação de outras técnicas que verificam o potencial do resultado, como por exemplo, a análise da Matriz de Confusão ou de Erros. Esta, por sua vez, compara os dados da verdade de campo com os das amostras retiradas, fornecendo a porcentagem de pixels que foram bem classificados, mal classificados e não classificados (ENVI, [200-?]).

A partir disso, inicia-se o terceiro passo

que corresponde à **Pós-Classificação**. Tal procedimento considera a aplicação de filtros que minimizam os ruídos da imagem classificada, a fim de melhorar a sua visualização e homogeneizar as classes de uso. Deste modo optou-se por aplicar os filtros de aglutinação (*clump*) e peneiramento (*sieve*). A função de *Clump Classes* aglutina classes adjacentes que não foram classificadas, enquanto que a função *Sieve classes* elimina as classes contíguas. Em geral, essas duas funções são aplicadas em etapas sucessivas (ENVI, [200-?]).

Finalmente, chega-se na etapa de **Mapeamento**. Para tanto, vetorizou-se a imagem classificada e exportou-se o resultado em formato *shape*, o qual foi trabalhado em ambiente ArcGIS. Neste foram aplicadas funções para melhorar a leitura do mapa, como a escolha das cores da legenda e os atributos para finalizar o seu *layout*.

É válido ressaltar a importância da realização dos trabalhos de campo na área de estudo. A experiência *in loco* é de extrema riqueza para a compreensão da paisagem, e no caso deste trabalho, para a observação da dinâmica de ocupação humana, refletindo as modificações de uso e cobertura da terra. Os trabalhos de campo foram executados periodicamente durante o período de realização do mapeamento, que também foi base para outros trabalhos sobre a área de estudo (SILVA, 2010). Nesta etapa da pesquisa utilizou-se o registro fotográfico, entendido como de suma relevância justamente por assinalar a paisagem em questão, tornando-se fonte de reparação de dúvidas que por ventura venham a surgir após os levantamentos de campo. Além disso, trabalhou-se com a coleta de informações

espaciais (coordenadas x, y) utilizando-se GPS, com o intuito de definir pontos de controle para a realização do mapeamento de uso e cobertura da terra.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor contextualizar os resultados encontrados neste artigo, aborda-se o trabalho de Leal (2009), como se segue. A evolução do uso e ocupação da terra na bacia em estudo foi analisada por tal autor no que tange ao período de 1973 à 2009, o qual pontuou a dinâmica de cinco classes, tais como o uso urbano, vegetação natural (mata, cerrado, florestas), pastagem, agricultura (culturas permanentes e temporárias) e hidrografia.

Com relação a isso, é constatado na TABELA 1 que durante o período analisado, a supressão da vegetação natural foi a que demonstrou o maior salto negativo, com diminuição de sua área de cobertura em torno de 50%. Do ano de 2004 a 2009, a classe que representa as matas, florestas e cerrado aparece com um aumento de sua área, o que pode ser refletido como resultado dos (re) florestamentos (silvicultura) realizados no decorrer do período. A classe pastagem chegou em 2009 com um avanço de cerca de 80% de sua área de ocupação, enquanto a agricultura cresceu em torno de 55%. O uso urbano praticamente triplicou, sendo que o maior crescimento se deu do ano de 2004 a 2009, por volta de 40% em cinco anos. Verifica-se também um salto positivo da hidrografia principalmente após 2004, fato que reflete a construção das barragens do Complexo Energético Amador Aguiar I e II.

Tabela 1: uso e ocupação da terra na bacia do médio-baixo curso do rio araguari.

Uso e ocupação da Terra na bacia do médio-baixo curso do rio Araguari (Km ²)				
Classes de Uso	Período			
	1973	1984	2004	2009
Hidrografia	21.396	18.091	11.183	53.102
Pastagem	259.186	508.820	594.074	468.136
Agricultura – permanente e temporária	102.966	74.940	200.751	222.998
Mata, Floresta, Cerrado	781.479	560.259	345.851	399.563
Uso Urbano	7.234	9.450	19.688	27.770

Fonte: Silva (2010) e Leal (2009).

No que se refere ao ano de 2010, a partir do mapeamento realizado por meio do *software* ENVI 4.2 e aplicativo ArcGIS 9.3.1, pode-se dizer que não houve diferenças exorbitantes com relação aos mapeamentos realizados por Leal (2009). Entretanto, cabe ressaltar que, é difícil estabelecer uma correlação segura entre o trabalho realizado por tal autor e o mapeamento concretizado neste trabalho, quer pela diferença de metodologia/procedimentos operacionais aplicados (*softwares*, imagens, etc.), quer pela acurácia das classes amostrais utilizadas. Todavia, salienta-se que para se chegar ao produto cartográfico referente ao ano de 2010, foram levantadas informações de campo, analisadas as matrizes de erros para as classes amostrais, efetuados diferentes testes para se chegar a um resultado mais coerente com o verificado em campo.

Dentre os procedimentos de verificação da qualidade do mapeamento realizado está a análise da Matriz de Confusão ou de Erros, bem como, a observação da Acurácia Global (*Overall Accuracy*) e do Índice Kappa (*Kappa Coefficient*). Conforme ENVI ([200-?]) tem-se que:

A Matriz de Confusão ou de Erros é usada para avaliar o resultado de uma classificação. Para fazer isso ela compara os dados da verdade de campo com os da classificação [...]. Grosso modo, a exatidão global seria um índice que superestima a acurácia da classificação, e o *kappa* seria uma avaliação mais adequada. (p. 15, 17)

Sendo assim, seguem as Matrizes correspondentes à cada imagem utilizada para a classificação supervisionada da área de estudo (TABELAS 2, 3 e 4).

Tabela 2: Matriz de confusão referente à imagem Alos Avnir 2 de 17 de abril de 2010.

Matriz de confusão referente à imagem ALOS Avnir 2 de 17 de abril de 2010					
<i>Overall Accuracy = (3203/3374) 94.9318%</i>					
<i>Kappa Coefficient = 0.9333</i>					
Verdade de Campo (Porcentagem)	Florestas / Cerrados / Florestamentos	Cultura ciclo longo	Cultura ciclo curto	Pastagem	Total
Não classificados	0,23	4,67	6,53	5,09	4,06
Florestas/Cerrados/Florestamentos	97,18	0,12	0	0	25,58
Cultura ciclo longo	2,03	94,61	0	0,12	23,98
Cultura ciclo curto	0	0	92,99	0	22,79
Pastagem	0,56	0,6	0,48	94,79	23,59
Total	100	100	100	100	100

Fonte: Silva (2010).

Tabela 3: Matriz de confusão referente à imagem Alos Avnir 2 de 04 de maio de 2010.

Matriz de confusão referente à imagem ALOS Avnir 2 de 04 de maio de 2010					
<i>Overall Accuracy = (2748/3036) 90.5138%</i>					
<i>Kappa Coefficient = 0.8749</i>					
Verdade de Campo (Porcentagem)	Florestas / Cerrados / Florestamentos	Cultura ciclo longo	Cultura ciclo curto	Pastagem	Total
Não classificados	2,99	2,69	10,26	1,28	4,25
Florestas/Cerrados/Florestamentos	94,13	0	0	0	28
Cultura ciclo longo	2,88	97,03	0	0,28	23,52
Cultura ciclo curto	0	0	78,78	7,09	20,36
Pastagem	0	0,28	10,96	91,35	23,88
Total	100	100	100	100	100

Fonte: Silva (2010).

Tabela 4: Matriz de confusão referente à imagem Landsat 5 TM de 02 de maio de 2010.

Matriz de confusão referente à imagem LANDSAT 5 TM de 02 de maio de 2010					
Overall Accuracy = (2412/2660) 90.6767%					
Kappa Coefficient = 0.8786					
Verdade de Campo (Porcentagem)	Florestas / Cerrados / Florestamentos	Cultura ciclo longo	Cultura ciclo curto	Pastagem	Total
Não classificados	8,23	3,90	12,96	7,80	8,38
Florestas/Cerrados/Florestamentos	90,52	1,86	0	0	24,77
Cultura ciclo longo	1,26	94,06	0	0	19,40
Cultura ciclo curto	0	0	87,04	0,66	21,39
Pastagem	0	0,19	0	91,53	26,05
Total	100	100	100	100	100

Fonte: Silva (2010).

Diante do exposto, pode-se dizer que as classificações chegaram a um patamar aceitável, haja vista que os índices de acurácia se aproximaram de 90%, enquanto que o índice Kappa foi superior a 0,85. Cabe ressaltar ainda, que as classes de uso urbano e água não se enquadraram nas tabelas anteriores devido ao fato de que a sua inclusão aumentara os índices de confusão. Portanto, tais classes foram classificadas individualmente.

A organização das informações foi realizada no ArcGIS, tendo sido possível a reclassificação de alguns conjuntos de pixels que não foram classificados corretamente.

Por conseguinte, foi possível obter as áreas ocupadas por todas as classes mapeadas, conforme se pode observar na Figura 6. As Florestas/Cerrados/Florestamentos ocupam atualmente uma área de cerca de 360 km², o que corresponde à 32% do total. Já as pastagens seguem à frente com uma área ocupada de mais de 450 km², totalizando 40%. As culturas de ciclo curto ocupam em torno de 80 km², que se referem a 7% da área. As culturas de ciclo longo, por sua vez, chegam a

alcançar mais de 150 km², um total de 14% da área, enquanto que a classe de uso urbano ocupa 2%, com 25 km² de extensão. Já a classe água está em torno de 60 km² da bacia, equivalendo a 5% do total (Figura 6).

Durante os trabalhos de campo realizados na região de estudo, foi possível observar um padrão de ocupação semelhante ao descrito pelo gráfico acima. As pastagens são grande maioria na composição da paisagem (Figura 7) e, as áreas mais próximas ao fundo do vale, região com incidência de maiores declives e relevo bastante dissecado, são ocupadas predominantemente pelas florestas e cerrados (Figura 8). Em relação às culturas de ciclos longos verifica-se sua maior ocorrência nas médias vertentes, tais como os cafezais, canaviais, bananais, entre outros (Figura 9); enquanto que as de ciclo curto ocupam em sua maioria as áreas de cimeira com topos planos, como é o caso da soja, milho, sorgo, etc. (Figura 10).

Para ilustrar com mais clareza a evolução do uso e cobertura da terra na Bacia do Médio-baixo Rio Araguari, pode-se observar a Tabela 5, e as Figuras 11 e 12.

Tabela 5: Evolução do uso e cobertura da terra (%) na bacia do médio-baixo curso do rio Araguari

Classes de Uso	Período			
	1973	1984	2009	2010
Hidrografia	2%	2%	5%	5%
Pastagem	22%	43%	40%	40%
Agricultura – permanente e temporária	9%	6%	19%	21%
Mata, Floresta, Cerrado	67%	48%	34%	32%
Uso Urbano	1%	1%	2%	2%

Fonte: Leal (2009) e Silva (2010).

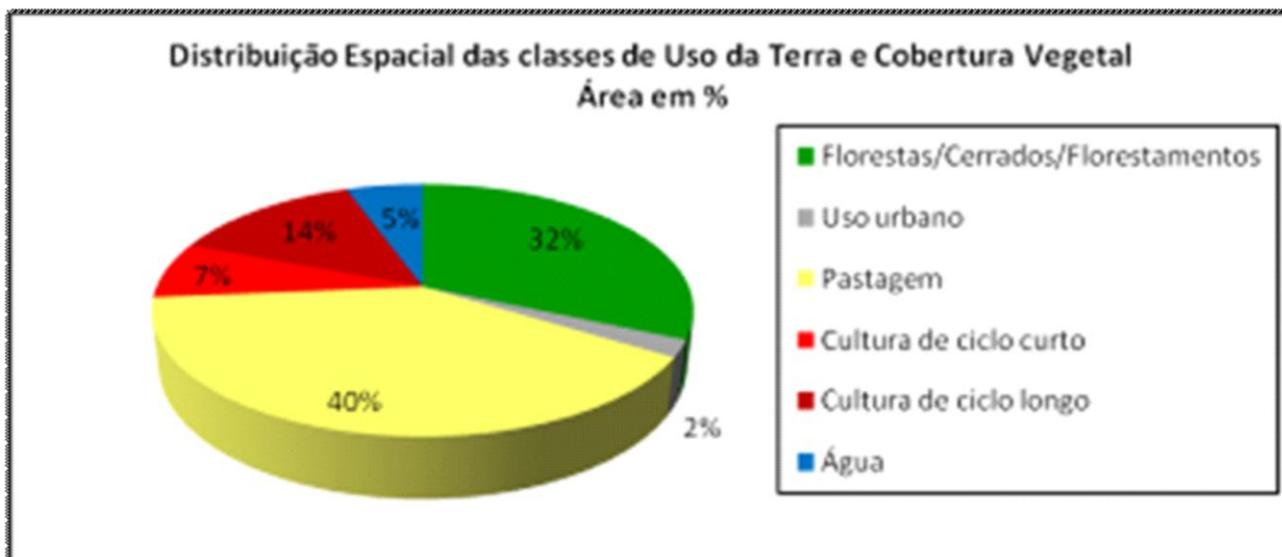


Figura 6: Distribuição Espacial das classes de Uso e Cobertura da Terra.
Fonte: Silva (2010).



Figura 7: Pastagens.
Fotos: Silva (2010).



Figura 8: Vale do Rio Araguari. Vegetação mais densa.
Fotos: Silva (2010).



Figura 9: Culturas de ciclos longos.
Fonte: Magalhães e Silva (2010).



Figura 10: Culturas de ciclo curto.
Fonte: Magalhães e Silva (2010).

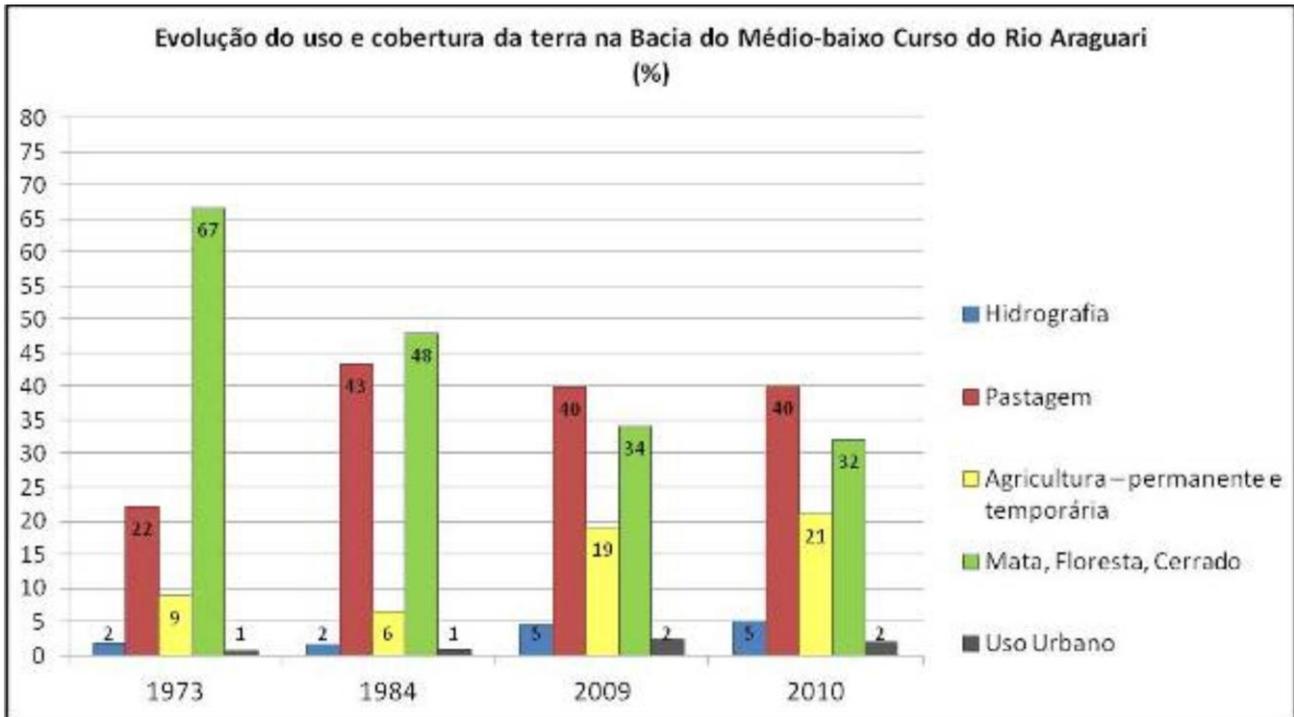


Figura 11: Evolução do uso e cobertura da terra na bacia do médio-baixo curso do rio Araguaari.
Fonte: Leal (2009) e SILVA, 2010.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do mapeamento do Uso e Cobertura da Terra, foi possível identificar os padrões de ocupação na bacia, bem como, a espacialização da vegetação natural, que nos fundos dos vales se apresentam relativamente bem preservadas. Em geral, as manchas de agricultura quando nas áreas de topos planos são caracterizadas por polígonos maiores e bem delimitados, o que representa as monoculturas (soja, milho, etc.); enquanto que, nas áreas de relevo dissecado, as culturas aparecem representadas por pequenas manchas que indicam a presença da agricultura familiar, responsável pelo abastecimento alimentar das

cidades do entorno. As pastagens ocupam áreas em todos os níveis topográficos.

A aplicação de geotecnologias no âmbito dos estudos de dinâmica de uso e cobertura da terra tem se mostrado uma ferramenta potencial, uma vez que permite, em tempo hábil, a caracterização de uso e ocupação atual da terra, bem como, em recortes temporais. Entretanto, é necessário levar em consideração as limitações do processamento digital de imagens, principalmente em função de questões como a escala adotada, as características das imagens de satélite (resolução espacial, radiométrica,

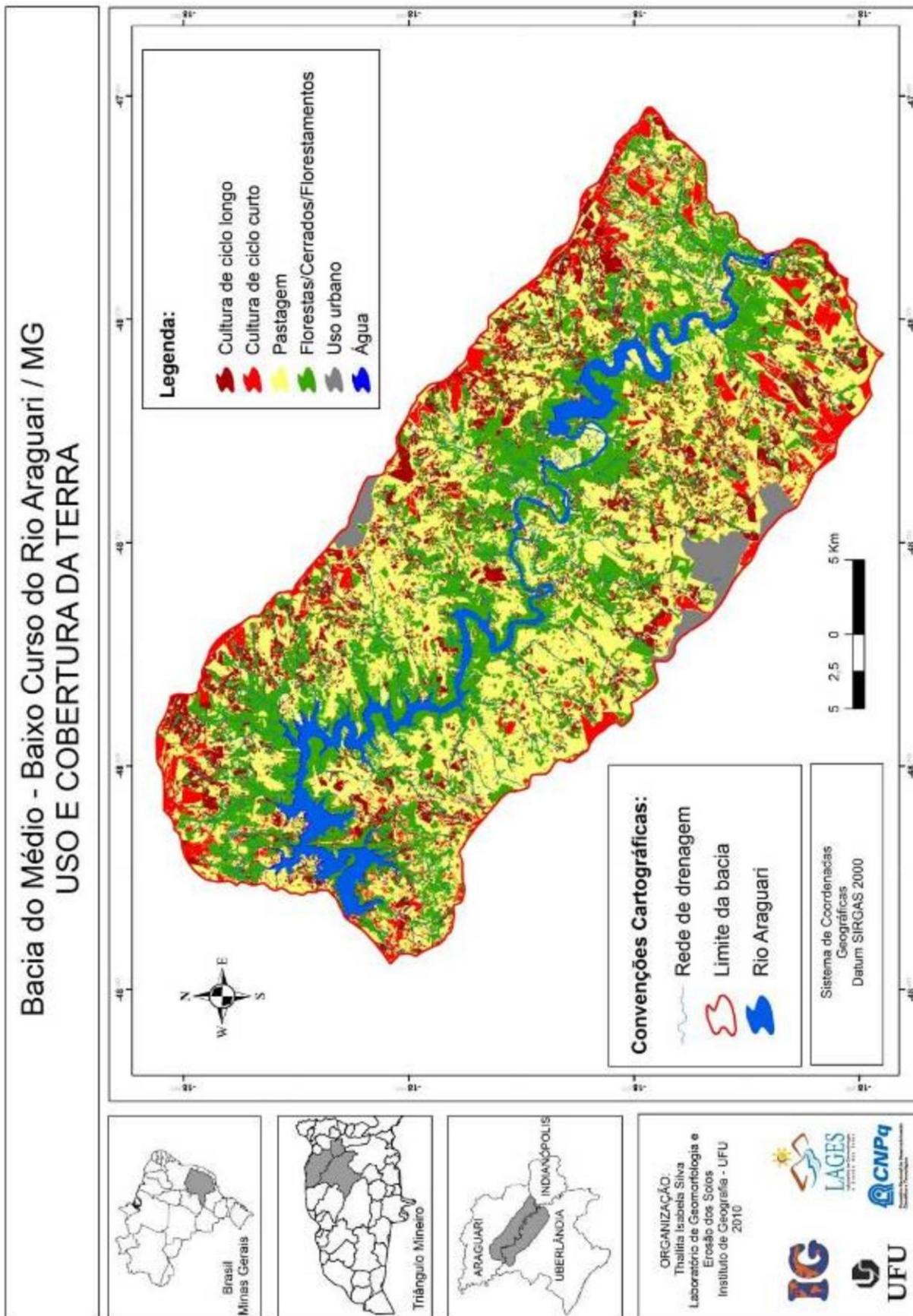


Figura 12: Mapa de Uso e Cobertura da Terra da bacia do médio-baixo curso do rio Araguari.
Fonte: Silva (2010).

temporal, etc), e também, os objetivos a serem alcançados.

É preciso, *a priori*, definir diretrizes para a realização do trabalho de mapeamento, traçar os objetivos com clareza, para buscar as melhores ferramentas que irão auxiliar o seu desenvolvimento. O conhecimento prévio acerca da área a ser mapeada é de grande valia, bem como a realização da verificação do trabalho no pós-mapeamento. Contudo, é louvável o avanço das técnicas em geoprocessamento, tornando-se este, de fato, um instrumento que viabiliza a otimização de procedimentos de mapeamento, quer na rapidez e agilidade de processamento das informações, quer na definição de melhores resultados para as diversas pesquisas em que é empregado.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio às pesquisas no âmbito dos Projetos nº 471596/2008-6 e nº 473701/2010-3, bem como, pela bolsa de Mestrado da primeira autora.

REFERÊNCIAS

CLEPS JUNIOR, J.; PESSÔA, V. L. S.; GOBBI, W. A. O. Gestão dos recursos hídricos em Minas Gerais: O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari. In: LIMA, S. do C.; SANTOS, R. J. (Org.). **Gestão Ambiental da bacia do Rio Araguari: rumo ao desenvolvimento sustentável**. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia: Instituto de Geografia. Brasília, DF: CNPq, 2004. p. 163 – 184.

ENVI. **Guia do Envi em Português**. [S. l]: Sulsoft, [200-?].

LEAL, P. C. B. **Ecodinâmica, Ecologia Política e Sistemas de Informações Geográficas: análise da morfologia e processo da Bacia Hidrográfica do Médio/baixo Rio Araguari (MG)**. 2009. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em

Geografia)–Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

MARQUES FILHO, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.

PDI. Processamento Digital de Imagem. **Classificação de imagens**. Uberlândia, [200-]. Apostila. 8 p.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007.

ROSA, R. **Cartografia básica**. Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Geografia. Uberlândia: Laboratório de Geoprocessamento, 2004.

_____. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, Uberlândia, v. 16, p. 81-90, 2005.

SILVA, T. I. **Diagnóstico e análise da fragilidade ambiental da bacia do médio-baixo curso do Rio Araguari, Minas Gerais**. 2010. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia)–Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

SPRING. **Manuais: Tutoriais de Geoprocessamento. Classificação de imagens**. 2006. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>>. Acesso em: 19 ago. 2010.

WAGNER, E. Desenvolvimento da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel; Brasília, DF: Embrapa, 1986. cap. 1, p. 19-31.

Data de submissão: 22.09.2011

Data de aceite: 05.04.2012