

**António Vieira, Francisco Costa e Paula Remoaldo (Orgs.)**

**CIDADES, CRIATIVIDADE(S) E SUSTENTABILIDADE(S)**

Actas das VIII Jornadas de Geografia e Planeamento  
15 e 16 de Novembro de 2012 – Guimarães, Portugal

**Título:**  
Cidades, criatividade(s) e sustentabilidade(s)

**Organização:**  
António Vieira, Francisco Costa e Paula Remoaldo

**Autores:**  
Álvaro Campelo, Ana Catarina Alves, Ana Gomes, Andreia Pereira, António Bento-Goncalves, António Cardoso, António Lourenço, António Pedrosa, António Vieira, Ardemírio Silva, Carla Caroça, Carmen Ferreira, Catarina Pinheiro, Clara Oliveira, Clayton Dal Pozzo, Domingos Santos, Edina Schimanski, Emília Araújo, Eurico Loureiro, Flávio Nunes, Flora Ferreira-Leite, Francisco Costa, Guilherme Pozzer, Heidi Martins, Helena Pina, Israel Guarda, Jasmine Moreira, João Azevedo, Jorge Leão, José Cadima Ribeiro, José Rodrigues, José Cordeiro, José Yáñez, Laurentina Vareiro, Manuela Laranjeira, Márcia Pinto, Marcos Silva, Maria Paiva, Maria Sánchez-Fernández, Maria Teresa Silva, Mariana Oliveira, Maria Guerreiro, Marta Correia, Mécia Mota, Miguel Otón, Miguel Pereira, Paula André, Paula Remoaldo, Paulo Mendes, Paulo Seixas, Paulo Fernandes, Paulo Nossa, Paulo Moro, Raquel Mendes, Renata Monezzi, Rita Domingues, Rita Gomes, Sara Silva, Sara Herdeiro, Sarah Moura, Teresa Costa, Virgínia Teles, Washington Rocha

**Imagem da Capa:**  
Mafalda Beatriz Marinho dos Santos Remoaldo

**Formatação de Textos:**  
Marta Correia e Ricardo Martins

**ISBN:**  
978-989-97394-1-3

**Depósito Legal:**  
351534/12

**Ano de Edição:**  
2012

**Editor:**  
©UMDGEO – Departamento de Geografia da Universidade do Minho  
Campus de Azurém  
4800-058 Guimarães  
Portugal

**Colecção:**  
Actas

**Número:**  
2

Reservados todos os direitos.

Os textos apresentados são da exclusiva responsabilidade dos respectivos autores.

## **TRANSFORMAÇÕES NO USO DO SOLO NA BACIA DO RIO BORÁ – BA NO PERÍODO DE 1984 A 2001: ANÁLISE DO AVANÇO DA AGRICULTURA, COM RECURSO A GEOTECNOLOGIAS**

**Marcos de Oliveira Silva**

Departamento de Ciências Humanas e Filosofia, Graduação em Licenciatura e Bacharelado em Geografia, Universidade Estadual de Feira de Santana – BA - Brasil  
marcosolisilva@gmail.com

**Antônio Vieira**

Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT), Departamento de Geografia, Universidade do Minho  
vieira@geografia.uminho.pt

**Ardemírio de Barros Silva**

Departamento de Ciências Exatas: Área das Geociências, Universidade Estadual de Feira de Santana – BA - Brasil  
ab Barros@uefs.br

### **Resumo**

Este trabalho teve como objetivo fundamental a aplicação das geotecnologias na análise multitemporal da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Rio Borá, localizada no Oeste da Bahia - Município de Luís Eduardo Magalhães, tendo por base imagens de satélite dos anos de 1984 e 2011.

Palavras-chave: Geotecnologias; alterações no uso do solo; Estado da Bahia; Brasil.

### **Abstract:**

The main objective of this work is to apply geotechnologies in multitemporal analysis of vegetation cover in Borá River basin, located in Western Bahia - Municipality of Luís Eduardo Magalhães, based on satellite images of the years of 1984 and 2011.

Keywords: Geotechnology; Landuse changes; State of Bahia; Brazil.

### **1. Introdução**

As grandes transformações observadas nos padrões de uso e ocupação do solo, operadas no estado da Bahia na sequência dos processos de modernização da agricultura no Brasil, a partir da década de 70, têm causado profundas alterações na distribuição da vegetação natural, conduzindo ao seu retrocesso (SANTOS, 2000).

Das principais transformações no uso do solo ocorridas, destaca-se a substituição da agricultura de subsistência por agricultura mecanizada do agronegócio, principalmente na região de Juazeiro, com cultivo de frutas tropicais, e do Oeste baiano, com a plantação de soja, milho, algodão, entre outros. Nesta, o elevado predomínio de relevo de chapadões e o clima úmido favoreceram a intensificação de tais transformações (SEI, 2009), conduzindo a significativos impactes na paisagem.

A expansão da agricultura pelos cerrados brasileiros desencadeou um conjunto de ações públicas e privadas que alteraram profundamente as formas e os conteúdos destes espaços, transformando-os num novo território caracterizado como um meio técnico científico informacional consequência da sobreposição de atividades primárias e a agricultura moderna, especialmente a mecanizada (FILHO, 2008).

Atualmente a necessidade humana de extrair conhecimentos da superfície terrestre para a apropriação dos seus mais variados recursos e ao mesmo tempo garantir a preservação dos mesmos face à constante degradação ambiental resultante de inadequada utilização, tem levado os cientistas e pesquisadores a desenvolver e utilizar técnicas cada vez mais inovadoras e sofisticadas capazes de potencializar as ações de minimização ou até mesmo eliminação das agressões ao ambiente. No caso específico do Oeste baiano, a agricultura mecanizada de grandes extensões territoriais tem contribuído para a contínua degradação do bioma cerrado, levando a perda da sua biodiversidade (SOUZA, 2010).

Nesta perspectiva, as geotecnologias têm-se revelado uma importante ferramenta de auxílio a uma grande diversidade de utilizações, desde ações de pesquisa de recursos, passando pela prevenção de impactes negativos das actividades humanas sobre o território, até às ações de recuperação ambiental, entre muitas outras. A geotecnologia, através do geoprocessamento, apresenta um enorme potencial de utilização, principalmente devido ao seu baixo custo, se comparada às pesquisas sem utilização das mesmas (SCHEER, 2006). Quanto à aplicação de

produtos das geotecnologias de Sensoriamento Remoto na detecção da cobertura vegetal e das mudanças no padrão de uso da terra, tem sido realizada em todo o mundo. No Brasil, estes trabalhos têm sido bastante desenvolvidos, sobretudo na sequência das iniciativas desenvolvidas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), especialmente no que diz respeito à disponibilização gratuitas de imagens de satélites CBERS e principalmente da série Landsat, com representação temporal desde 1970.

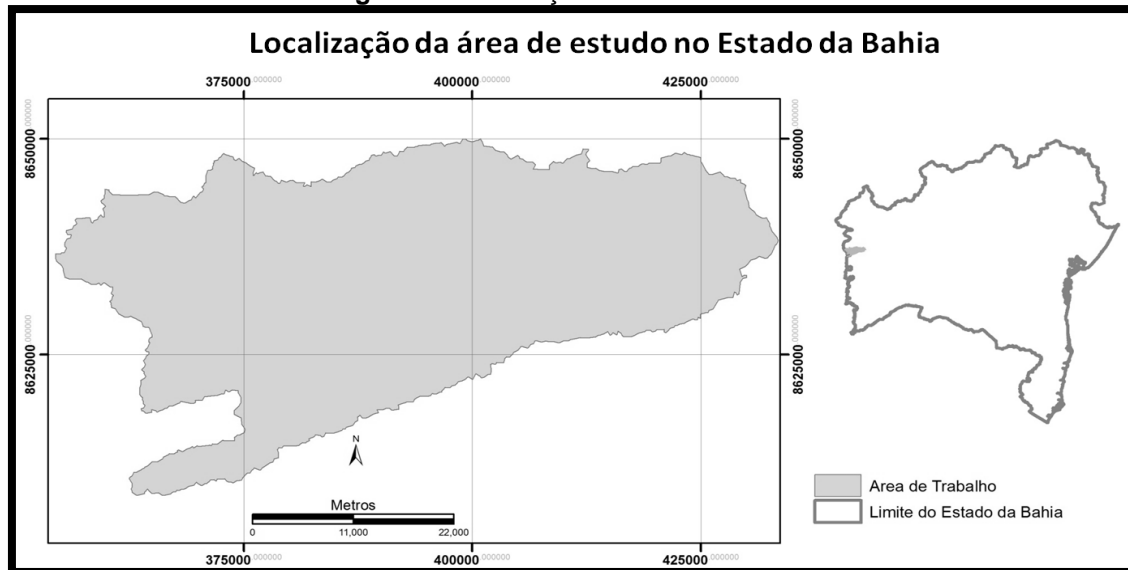
As análises e mapeamento multitemporal do uso e ocupação do solo ao nível das bacias hidrográficas também têm sido amplamente desenvolvidas, tendo em conta a fácil individualização desta unidade de paisagem, como exemplificado no trabalho de Kleinpaul (2005), que mapeou multitemporalmente o uso do solo da microbacia de Arroio Grande no município de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul. Neste contexto, destacam-se as geotecnologias, nomeadamente os SIG e o Sensoriamento Remoto, enquanto importantes ferramentas para acompanhar de maneira ágil as transformações do uso do solo, principalmente apoiando a criação de cartografia que represente esta dinâmica, favorecendo as corretas tomadas de decisão. Assim, este trabalho teve como objetivo fundamental a aplicação das geotecnologias na análise multitemporal da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Rio Borá, localizada no Município de Luís Eduardo Magalhães no Estado da Bahia, tomando por base as imagens de satélites dos anos de 1984 e 2011. Nesta análise, procurou-se identificar as áreas em que ocorreram alterações da vegetação natural, nomeadamente pela sua substituição por área agricultável.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Borá localiza-se no município de Luis Eduardo Magalhães, no território de identidade do Oeste da Bahia (Figura 1), mais especificamente entre as coordenadas geográficas 12°15' e 12°35' de Latitude Sul e 45°35' e 46°20' de Longitude Oeste, apresentando uma área total de 1.780 km<sup>2</sup>.

Figura 1. Localização da área de estudo

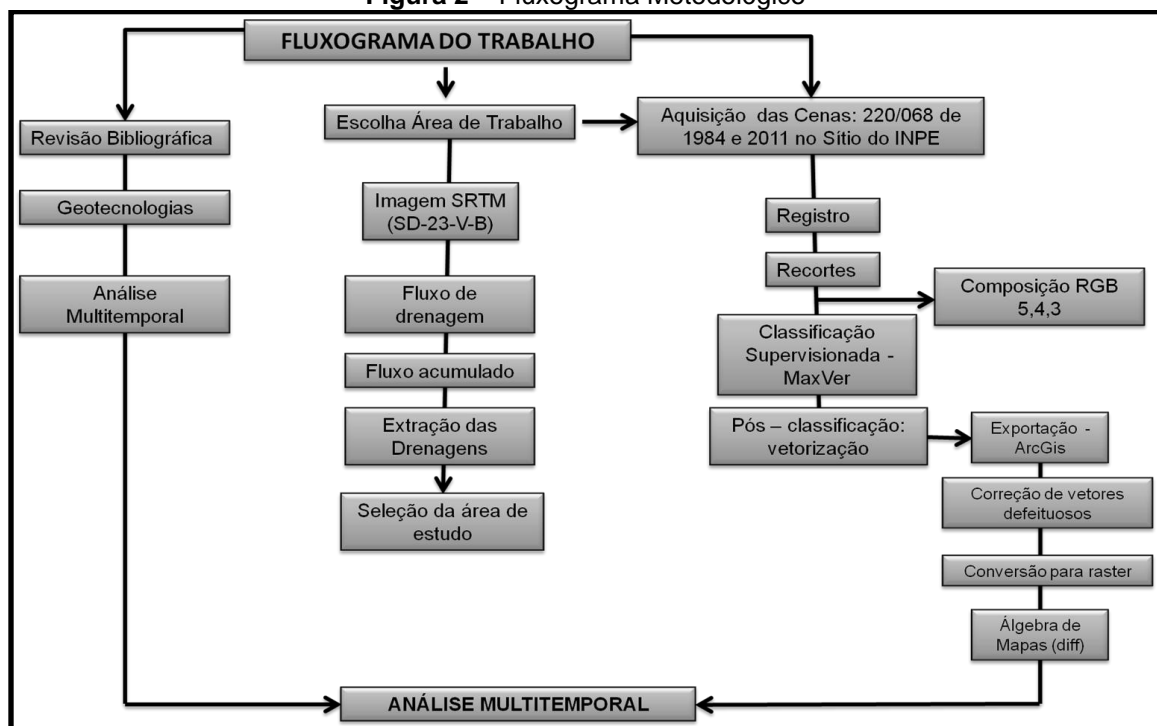


É uma sub-bacia do Rio de Ondas, que, como boa parte da região Oeste da Bahia, possui um tipo climático subúmido a seco, com temperatura média em torno de 24°C e pluviosidade em 1100 mm, concentradas entre os meses de outubro a abril. Em relação à cobertura vegetal, é formada principalmente pelo bioma cerrado. Os solos são essencialmente das classes dos Latossolos, Cambissolos, Luvisolos e Neossolos (SEI, 2009). A geologia é caracterizada pela presença de rochas do tipo: ardósias, arenitos finos e médios, argilitos, calcários, depósitos eluvionares e coluvionares, além dos depósitos fluviais, dolomitas, folhelhos e siltitos. Do ponto de vista geomorfológico, apresenta um relevo essencialmente tabuliforme, em torno dos 760 m de altitude, denunciando uma típica morfologia de chapadões (SEI, 2009). A partir destas características é possível verificar o grande potencial da área para a agricultura, sendo favorecida principalmente pela disposição geomorfológica de relevo plano e dos solos desenvolvidos, favorável à utilização das máquinas agrícolas.

## 2.2. Procedimentos metodológicos

O desenvolvimento do presente trabalho implicou a incorporação e interrelação de diversas geotecnologias, podendo-se distinguir várias etapas na sua prossecução (Figura 2). Após a necessária fase de recolha bibliográfica versando o tema aqui em análise, procedeu-se a um conjunto de operações prévias de preparação e adequação dos dados geográficos de base. Assim, procedeu-se à individualização da bacia hidrográfica a partir da imagem SRTM e posterior escolha e recolha das cenas que cobrem a área em estudo, acessíveis no sítio do INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial). De seguida desenvolveram-se as tarefas relacionadas como processamento digital das imagens de satélite, tendo como resultado obtido o mapa das áreas agricultáveis para 1984 e 2011. Subsequentemente, procedeu-se à importação dos dados vetoriais resultantes das imagens pós-classificadas para o ArcGis, no qual se fez a edição dos mesmos, sua posterior transformação para raster e aplicação de álgebra de mapa. Por fim, realizou-se uma adequada análise dos dados obtidos. Importa salientar que, por não possuímos arquivo digital dos limites da área de trabalho, foi necessário o tratamento da imagem SRTM (SD-23-V-B) a partir do roteiro para geração de carta de drenagens e delimitação de bacias hidrográficas utilizando o MDE (Modelo Digital de Elevação) no ArcGis 10.

Figura 2 – Fluxograma Metodológico



### 2.2.1. Imagens de satélite utilizadas

As imagens utilizadas correspondem à órbita/ponto 220/068 para representação dos dois cenários. Utilizaram-se, assim, duas cenas a partir das datas 1984 e 2011 das imagens TM/Landsat 5 de 20/06/1984 e 02/08/2011, com resolução espacial de 30 metros. Para a composição da imagem foram utilizadas as bandas 5, 4 e 3, correspondentes a região do infravermelho médio (1,55 a 1,75  $\mu\text{m}$ ), infravermelho próximo (0,76 a 0,90  $\mu\text{m}$ ) e do vermelho (0,63 a 0,69  $\mu\text{m}$ ). Utilizou-se esta composição de bandas por se entender que elas representariam melhor os alvos da área de estudo, segundo aponta Scheer (2006), objetivando sua melhor classificação, tendo-se aplicado como técnica de classificação a supervisionada.

### 2.2.2. Processamento digital das imagens

Para uma classificação adequada, realizou-se a correção geométrica a partir do registro imagem-imagem. Assim, a partir da imagem georreferenciada, neste caso a imagem de 2011, utilizou-se a ferramenta “map-registration-select GCPs: Image to Image” do software ENVI 4.5, obtendo-se 0.6 de RMS (erro médio quadrático). Logo após o georreferenciamento foi realizado o recorte da área de trabalho a partir do arquivo shapefile construído com o tratamento da imagem SRTM. Mais especificamente, nesta classificação utilizou-se o método Maxver (máxima verossimilhança) cuja ferramenta se designa “maximum Likelihood” no software utilizado. Esta técnica consiste na

implementação de um processo de decisão para que o computador possa atribuir certo conjunto de pontos da imagem (pixels) a uma determinada classe (NOVO, 1992). Trata-se de um método que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos. A distribuição de valores de reflectância numa área de treino é descrita por uma função de densidade de probabilidade, desenvolvida com base na estatística Bayesiana. Este classificador avalia a probabilidade de um determinado pixel pertencer a uma categoria à qual ele tem maior probabilidade de associação [INPE 2002].

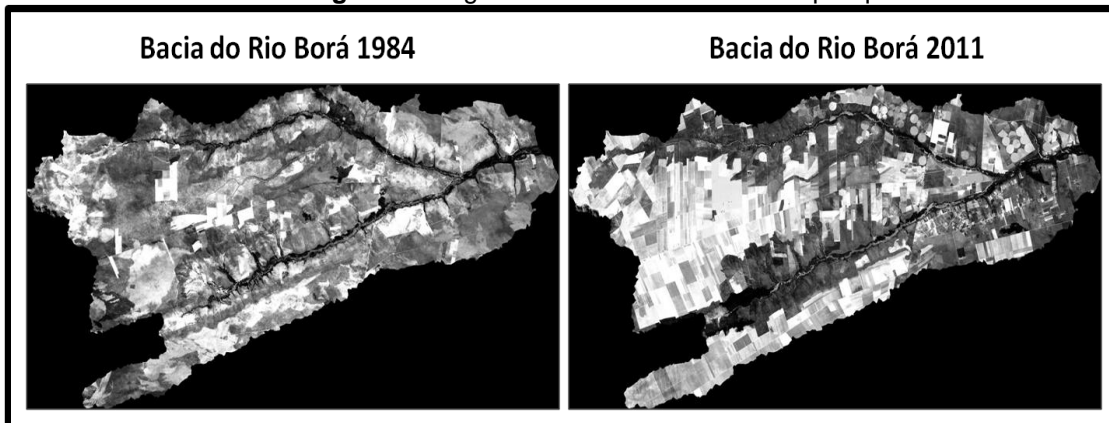
A partir da linguagem computacional de Álgebra de Mapas foi aplicado o operador lógico “diff” nos mapas gerados na etapa anterior pela classificação supervisionada, utilizando para tanto a ferramenta “Raster calculator” do ArcGis 10. O respectivo operador estabelece que se um valor de célula no raster A e raster B é diferente, o valor de célula no raster A é retornado. Por outro lado, se os valores de célula são os mesmos, o valor 0 (zero) é retornado.

### 3. Resultados e Discussão

Após os procedimentos do pré-processamento, foi aplicada a técnica de classificação supervisionada a partir do método Maxver para as respectivas imagens, atribuindo-lhes três classes, sendo elas: agricultura, vegetação densa, vegetação rala. Dessa forma, procurando analisar o avanço da área agricultável a partir de 1984 até 2011, foi suficiente o estabelecimento de apenas três classes. Para a classe “agricultura” os principais critérios de determinação foram a textura vegetal lisa, além das características geométricas das áreas, geralmente expressas nas imagens por áreas de cores verdes e/ou magenta, em formato retangular ou circular acentuado (pivô central) uma vez que são formas características das atividades humanas no uso do solo, principalmente a agrícola. Para a classe “vegetação densa” foram escolhidas todas as áreas que tivessem uma acentuada cor verde e que não tivessem formato retangular, uma vez que na natureza a vegetação não se desenvolve geometricamente. Para a classe “vegetação rala” foram escolhidas áreas que evidentemente não obedecessem a padrões geométricos, tampouco evidenciassem uma concentração vegetal ou intensidade de cores verdes, além das áreas em que era nítida a evidência de solo exposto.

Numa primeira aproximação, antes mesmo da classificação, é possível verificar nitidamente o avanço da área agricultável entre os dois períodos analisados (Figura 3). Fazendo uma comparação da cobertura vegetal entre as imagens, fica evidente o avanço da agricultura, principalmente a irrigada - pivô central.

**Figura 3.** Imagens de satélite utilizadas na pesquisa



A análise permite inferir que a predominância de pivô central em determinada área na imagem é devido à proximidade do exutório do rio, além da mesma estar situada em relevo plano que, conforme a distribuição do domínio geomorfológico no estado da Bahia, corresponde ao domínio dos Chapadões Ocidentais, caracterizados por elevadas pluviosidades e solos desenvolvidos, portanto, propícios às atividades agrícolas. Efetivamente, estes fatores estarão na base deste processo de transformação profundo da paisagem da área em estudo, apresentando-se como uma das principais causas para a intensidade do desflorestamento nesta área, já que as áreas planas são as mais valorizadas para agricultura do agronegócio.

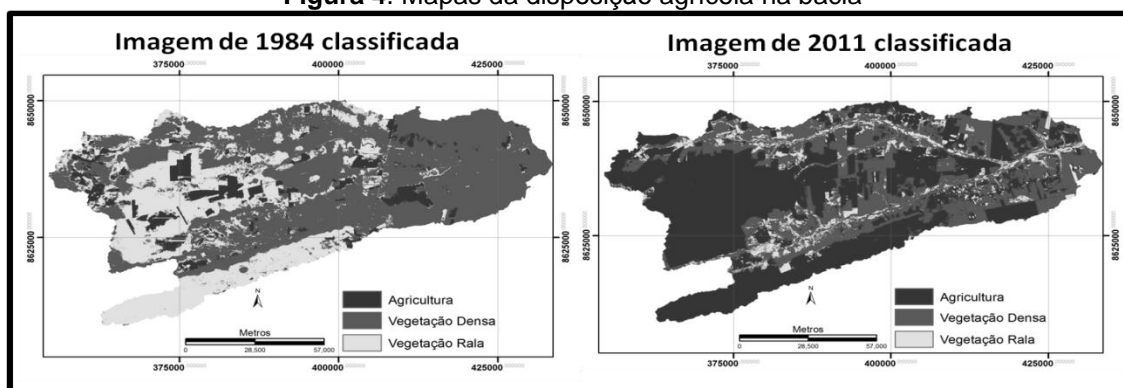
Os mapas mostram que as áreas da classe “agricultura” em 2011 aumentaram significativamente em relação às mesmas áreas no mapa de 1984, enquanto as áreas da classe vegetação densa regrediram intensamente. Além disso, as áreas da classe vegetação rala praticamente

desapareceram no mapa de 2011. O avanço da área agricultável torna-se mais evidente quando se quantifica as classes para os dois períodos em análise (Tabela 1).

**Tabela 1.** Evolução da área – classes dos mapas de 1984 e 2011

| Classe          | 1984 (Km <sup>2</sup> ) | 2011 (Km <sup>2</sup> ) | Evolução (Km <sup>2</sup> ) | %    |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|------|
| Vegetação densa | 1009                    | 607                     | -401                        | -40  |
| Vegetação rala  | 565                     | 146                     | -419                        | -74  |
| Agricultura     | 209                     | 1030                    | 820                         | +392 |
| <b>Total</b>    | 1783                    | 1783                    |                             |      |

**Figura 4.** Mapas da disposição agrícola na bacia



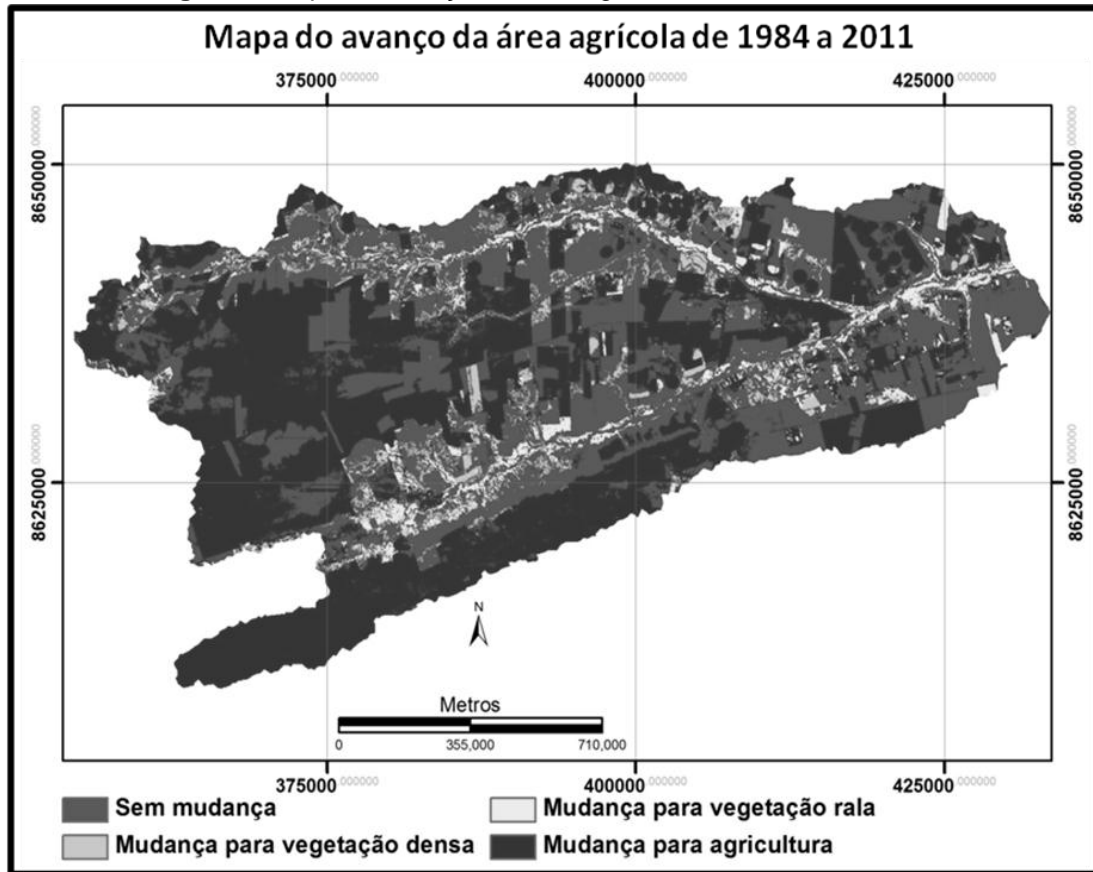
Deste modo, as classes “vegetação densa” e “vegetação rala” apresentam um retrocesso de 40% e 74% respectivamente, enquanto a classe agricultura apresenta 392% de aumento da área, que era de 209 km<sup>2</sup> em 1984 passando para 1030 km<sup>2</sup> em 2011, ou seja, um aumento de 820 km<sup>2</sup> em apenas vinte e sete anos.

Com a análise da classificação, pôde-se observar que o software ao estabelecer o processamento fez confusão nalgumas classes. Apesar da seleção das áreas de treino para realizar a classificação, alguns polígonos (regiões) que deveriam pertencer a uma determinada categoria foram incluídos automaticamente noutra, ou seja, algumas áreas que deveriam ser classificadas como vegetação rala foram classificadas como agricultura. Por outro lado, algumas classes foram generalizadas, pois alvos distintos foram considerados como pertencentes a uma mesma categoria.

Este fenómeno é devido principalmente às características espectrais semelhantes entre algumas classes ou simplesmente possíveis erros ao selecionar os *pixels* para classificar os alvos. Apesar de tudo, percebeu-se que a aplicação da técnica de processamento digital de imagens aumenta substancialmente a capacidade de extração de informações sobre alvos da superfície terrestre e cumpri de maneira hábil os objetivos.

Da análise realizada conclui-se que a agricultura registou um significativo avanço, principalmente sobre a classe da vegetação rala. Entretanto, é perceptível a grande quantidade de perda de área da vegetação densa para a agricultura, significando que grande quantidade de floresta do bioma Cerrado foi transformada em áreas agricultáveis. Os dois mapas gerados foram submetidos a uma análise visual e posteriormente a uma modelagem, justamente para espacializar as áreas que de facto foram transformadas em áreas agrícolas. Para tanto foi aplicado o operador lógico “diff” a partir da ferramenta “raster calculator” do ArcGis 10. Este operador cumpriu com grande satisfação as expectativas.

Figura 5. Mapa do Avanço da Área Agricultável, entre 1984 e 2011.



As classes estabelecidas pelo operador lógico foram quatro, sendo elas: a classe 0 (zero), nomeada como “sem mudança”, que corresponde às áreas em que não houve diferenças das classes entre os mapas de 1984 e 2011; a classe 1 (um), nomeada “Mudança para vegetação densa”, que são as áreas que foram classificadas como “agricultura” e/ou “vegetação rala” no mapa de 1984 e passaram a ser “vegetação densa”; a classe 2 (dois), nomeada “Mudança para vegetação rala,” que são as áreas que foram classificadas como “vegetação densa” e/ou “agricultura” em 1984 e que passaram a ser “vegetação rala” em 2011; por último, a classe 3 (três), nomeada “Mudança para agricultura”, onde foram detectadas todas as áreas que não eram agricultura em 1984 e passaram a ser em 2011. Deste modo, as áreas que aparecem com tom mais escuro no mapa são as que apresentavam um uso do solo distinto do uso agrícola em 1984, correspondendo ao avanço da agricultura na bacia do rio Borá durante o período considerado. A análise da representatividade das classes de uso do solo no presente mapa comprova o avanço da agricultura em 2011, quando comparado com a tabela 1 que mostrou claramente este crescimento.

#### 4. Conclusões

Através deste trabalho confirmou-se o potencial das geotecnologias para manipulação rápida e económica de dados de deteção remota referente aos recursos naturais, além da utilização dessas técnicas para estudar e analisar as transformações no ambiente, resultantes das diferentes atividades antrópicas, cuja representação em SIG se conseguiu fazer de maneira dinâmica e simplificada.

Quanto ao avanço da área agrícola constatada na bacia hidrográfica que analisamos, vários fatores poderão ser apontados como sua causa ou condicionante. Em primeiro lugar, o fato da localização da área em estudo em condições morfológicas propícias à prática das atividades agrícolas, principalmente a irrigada e mecanizada. Em segundo lugar, devido ao grande crescimento de investimentos agrícolas que se deu no Brasil e especificamente no Oeste da Bahia, a partir da década de 1970. Dessa forma, ambos os factores, além de outros, a cada dia tem levado à perda da biodiversidade vegetal para a agricultura na área de estudo, cuja principal produção é o cultivo de soja, principalmente para exportação. Face a esta realidade, torna-se



emergencial a ação de políticas públicas que visem gerenciar o uso e ocupação do solo nas respectivas áreas.

### Referências

- ALMEIDA, Aline Souza; SANTOS, Rosângela Leal; CHAVES, Joselisa Maria. Mapeamento de Uso do Solo no Município de Jeremoabo – BA: Uso do Algoritmo Máxima Verossimilhança (Maxver). In Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.7255.
- INPE. Tutorial SPRING. INPE, São José dos Campos, 2002.
- KLEINPAUL, JOEL JULIANO; PEREIRA, Rudiney Soares; HENDGES, Elvis Rabuske; BENEDETTI, Ana Carolina Paim; ZORZI, Cícero; FERRARF, Renata Análise Multitemporal da Cobertura Florestal da Microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, RS. Bol. Pesq. Fl., Colombo, n. 51, p.171-184. jul./dez. 2005. Disponível em <[http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/boletarqv/boletim51/boletim51\\_pag171-184.pdf](http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/boletarqv/boletim51/boletim51_pag171-184.pdf)> acedido em 25 de outubro de 2011.
- NOVO, Evelyn Márcia Leão de Moraes. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 2. ed São Paulo: E. Blucher, 1992.
- SANTOS, Clóvis Caribé Menezes. Impactos da Modernização da Agricultura no Oeste Baiano: Repercussão no Espaço do Cerrado a partir da Década de 80. Salvador: UFBA, 2000. (Dissertação de Mestrado).
- SCHEER, Marcia Aparecida Procópio da Silva; ROCHA, Jansle Vieira. Detecção de mudanças no uso da terra no município de Sertãozinho (SP) por meio de técnicas de geoprocessamento, 1981 – 2001. Revista Brasileira de Cartografia nº58/02, Agosto, 2006 (ISSN 1808-0936). Disponível em <<http://lsie.unb.br/index.php/rbc/article/view/109/93>> acedido em 25 de dezembro de 2011.
- SILVA, Ardemírio de Barros. Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos, Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1999.
- SILVA, J. R.; MOURA, A. C. M.; GLERIANI, J. M.; SOUZA, W. P. de; MAGALHÃES, L. S. Detecção de mudanças da cobertura e uso da terra no município de Ouro Preto – MG, no período de 1989 a 2010. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15, 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0506.pdf>> acedido em 25 de outubro de 2011.
- SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. Estatística dos municípios baianos. Salvador: SEI, 2009. V.3; 270.