

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

CAMPUS PLANALTINA

GLAUBER DAS NEVES

**UTILIZAÇÃO DE DADOS ORBITAIS PARA AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DA
PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BARTOLOMEU (DF/GO)**

PLANALTINA, DF

2014

GLAUBER DAS NEVES

**UTILIZAÇÃO DE DADOS ORBITAIS PARA AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DA
PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BARTOLOMEU (DF/GO)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Gestão Ambiental, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental.

Orientador: Dr. Antonio Felipe Couto Júnior

PLANALTINA, DF

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Neves, Glauber

Utilização de Dados Orbitais para Avaliação da Dinâmica da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu (DF/GO) / Glauber das Neves. Planaltina – DF, 2014. 46 f.

Monografia – *Campus* Planaltina, Universidade de Brasília.

Curso de Bacharel em Gestão Ambiental

Orientador: Dr. Antonio Felipe Couto Junior

1. Bioma Cerrado. 2. Sensoriamento Remoto. 3. Análise multitemporal. 4. Relação relevo-cobertura da terra 5. Gestão dos recursos naturais. I. Neves, Glauber, II. Título

GLAUBER DAS NEVES

UTILIZAÇÃO DE DADOS ORBITAIS PARA AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DA
PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BARTOLOMEU
(DF/GO)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Gestão Ambiental, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental.

Banca Examinadora:

Planaltina-DF, 25 de Junho de 2014.

Dr. Antonio Felipe Couto Júnior – UnB/*Campus* Planaltina

Dr. Éder de Souza Martins – EMBRAPA Cerrados

Dra. Gabriela Bielefeld Nardoto - UnB/*Campus* Planaltina

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos, pelos conselhos e apoio durante todo o período da graduação e elaboração do mesmo.

AGRADECIMENTOS

À minha família, pela paciência e apoio em todos os momentos proporcionados durante o curso de graduação;

Ao meu orientador e mestre Dr. Antonio Felipe Couto Júnior, pela disponibilidade e paciência em transmitir seus conhecimentos, pelos conselhos, conversas e incentivos destinados ao longo desses anos de convivência;

Ao Projeto GeoCerrados, pela bolsa concedida que possibilitou a execução deste trabalho;

À Embrapa Cerrados, em especial aos pesquisadores e coordenadores das atividades desenvolvidas no Projeto GeoCerrados, Dra. Adriana Reatto, Dra. Marisa Prado Gomes e Dr. Éder de Souza Martins, pela oportunidade de estágio e experiências transmitidas.

Aos colegas do Centro de Estudos em Pedologia – CPAC, em especial a Fernanda e a Mariana, pelas conversas divertidas, conselhos e, principalmente, aos cafés da manhã em todas as datas comemorativas, mesmo as inventadas (risos);

Ao Núcleo de Estudos em Ambientes Tropicais (NEAT), pela experiência científica proporcionada;

Aos amigos de turma, especialmente à Camila, Juba, Matheus, Micha, Hamilton e Marcos, pelas viagens e conversas que irão me acompanhar por toda a minha vida;

Aos amigos de graduação, em especial à Acácia, Dany, Laedson, Andréa, Kisaka e Ray, por todas as brincadeiras e perturbações;

Aos grandes amigos Alexandre, João e Fábio, pelas conversas, brincadeiras e conselhos acadêmicos e não acadêmicos;

Aos guerreiros do Planaltina Legion, Estácio, Danilo, Willian e Rafael, por todo apoio destinado em minhas decisões;

Aos meus “quase” irmãos Dudu, Anderson e Alesson, pelas conversas, brincadeiras e discussões diárias.

Aos amigos de curso pré-vestibular, Norma, Cathe, Leonardo, Lory e Tiago, pelos estudos e por fazerem parte do momento transitório em minha vida;

E por último, mas não menos importante, à Pryscila, pelo companheirismo e carinho transmitidos nos bons e maus momentos.

Obrigado!

“Faz o que tu queres, há de ser tudo da lei” **Aleister Crowley**

“[...] não negue as experiências que são colocadas em seu caminho, vivencie todas e se torne aquilo que você nasceu para ser.” **Guilherme Kétherus** (*In Memoriam*).

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica da paisagem do rio São Bartolomeu por meio da descrição das mudanças da cobertura da terra entre os anos de 1991 e 2011 e identificar a relação entre essas mudanças e as características geomorfológicas da região. Para a avaliação das mudanças da cobertura da terra foram utilizados dados do sensor *Thematic Mapper* (TM) a bordo do satélite Landsat 5. A identificação das relações entre relevo e cobertura da terra foi realizada através dos dados de altitude e declividade gerados a partir do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM em função das unidades geomorfológicas. Para isso, foram consideradas as unidades de Chapada, Frente de Recuo Erosivo, Rampa de Colúvio e Depressão Dissecada, que são as classes de relevo mais abrangentes da bacia. Foi possível observar que a cobertura natural sofreu uma perda de 813,6 km² durante os vinte anos avaliados. Dentre os usos que proporcionaram essa conversão, as atividades Agropastoris se mostraram como principal agente modificador da paisagem, entre o período estudado essa classe apresentou um crescimento de 599,2 km². Entretanto, este crescimento não ocorreu de forma constante. Através da análise por períodos foi possível observar que entre 1991 e 1996, esse crescimento foi em torno de 1,14% ao ano. Entre 1996 e 2001, houve um ganho de área de aproximadamente 0,84% ao ano. Entre 2001 e 2006, observou-se uma redução considerável da taxa anual de crescimento, que foi de 0,2% ao ano. No último período avaliado, entre 2006 e 2011, não se constatou crescimento dessa atividade. Isso demonstrou que ao longo do tempo, as áreas propícias para a expansão humana estão se limitando. Através da sobreposição dos dados de cobertura com os parâmetros morfométricos do relevo, identificou-se os ambientes em que as classes de cobertura da terra se associam. As atividades agropastoris apresentaram predominância na Chapada e nas áreas menor declividade da Depressão Dissecada. A Rampa de Colúvio apresentou uma maior abrangência de áreas construídas. E por fim, a Frente de Recuo Erosivo se mostrou preservada, tendo sua maior totalidade coberta por áreas naturais, por conta de ser uma região de grande declividade. Esses resultados demonstraram que o relevo é um fator determinante para a ocupação antrópica. Isso realça a importância de uma abordagem sistêmica em relação aos processos que estruturam a paisagem e podem auxiliar em políticas públicas que objetivem a melhoria da gestão dos recursos naturais.

Palavras-chave: Bioma Cerrado, sensoriamento remoto, análise multitemporal, relação relevo-cobertura, gestão dos recursos naturais.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the dynamic landscape of the river St. Bartholomew by describing the changes in land cover between 1991 and 2011 and identify the relationship between these changes and the region geomorphological features. Were used sensor data Thematic Mapper (TM) aboard the Landsat 5 for assessment of changes in land cover. The identification of relationships between topography and land cover data was performed by altitude and slope generated from the project Shuttle Radar Topography Mission - SRTM based on the geomorphological units. For this, the units of Chapada, Front Setback Erosive, Colluvium Ramp and Depression Dissected, which are the most comprehensive relief classes basin were considered. It was observed that the natural cover suffered a loss of 813.6 km² during the twenty years evaluated. Among the uses provided that such conversion, the agropastoral activities were shown as the main modifier of the landscape, between the period studied this class showed a growth of 599.2 km². However, this growth did not occur steadily. Through the analysis periods was observed that between 1991 and 1996, this growth was around 1.14% per year. Between 1996 and 2001, there was an area gain of approximately 0.84% per annum. Between 2001 and 2006, there was a considerable reduction in the annual growth rate, which was 0.2% per year. In the last period reported between 2006 and 2011, growth was not observed in this activity. This demonstrated that over time the conducive to human growth areas are limited. By overlaying the coverage data with morphometric parameters relief, were indentified environments in which classes of land cover are associated. The agropastoral activities were predominant in the Chapada and lower slope areas of the Depression Dissected. The Colluvium Ramp presented a wider range of built-up areas. Finally, the Front Setback Erosive was normal, and its largest total areas covered by natural, on account of being a region of high slope. These results demonstrated that the relief is a determining factor for human occupation. This highlights the importance of a systemic approach to the processes that structure the landscape and can assist in policy aimed at improving the management of natural resources.

Keywords: Cerrado, remote sensing, multitemporal analysis, relationship relief- landcover, natural resources management.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
<i>CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO GERAL.....</i>	<i>12</i>
1.1. Introdução	12
1.2. Justificativa.....	13
1.3. Objetivos	13
<i>1.3.1. Objetivo Geral.....</i>	<i>13</i>
<i>1.3.2. Objetivos Específicos.....</i>	<i>13</i>
1.4. Estrutura da Paisagem	14
1.5. Sensoriamento Remoto na Gestão dos Recursos Naturais	14
1.6. Mudanças da Cobertura da Terra no Cerrado.....	15
Referências Bibliográficas	16
<i>CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DAS MUDANÇAS DA COBERTURA DA TERRA E RELAÇÃO RELEVO-COBERTURA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BARTOLOMEU (DF-GO)</i>	<i>18</i>
2.1. Introdução	18
2.2. Área de Estudo	19
2.3. Material e Métodos.....	21
<i>2.3.1. Mapeamento multitemporal da cobertura da terra.....</i>	<i>22</i>
<i>2.3.2. Relação relevo-cobertura.....</i>	<i>25</i>
2.4. Resultados e Discussão	25
2.5. Conclusão	41
Referências Bibliográficas	42
<i>CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</i>	<i>44</i>

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1. Fatores ambientais estruturantes da paisagem. Adaptado de Martins et al. (2004).	14
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO 2

Figura 2. 1. Detalhe da área da bacia do rio São Bartolomeu (direita), sua posição em relação ao bioma Cerrado (superior esquerda) e ao Planalto Central (inferior esquerda).	20
Figura 2.2. Fluxograma metodológico.	22
Figura 2.3. Retroanálise da cobertura do rio São Bartolomeu entre os anos de 1991 e 2011, referente ao primeiro nível categórico.	26
Figura 2.4. Distribuição das classes de cobertura da terra da bacia do rio São Bartolomeu entre os anos de 1991 e 2011, referentes ao primeiro nível categórico.	28
Figura 2.5. Retroanálise da cobertura do rio São Bartolomeu entre os anos de 1991 e 2011, referente ao segundo nível categórico.	29
Figura 2.6. Distribuição das classes de cobertura da terra da bacia do rio São Bartolomeu entre os anos de 1991 e 2011, referentes ao segundo nível categórico.	30
Figura 2.7. Distribuição das classes de cobertura identificadas dentro das Chapadas, considerando apenas as classes que apresentaram abrangência maior que 5% da área total das Chapadas ou grandes modificações durante o período de 1991 e 2011.	33
Figura 2.8. Distribuição das classes de cobertura identificadas dentro da Depressão Dissecada, considerando apenas as classes que apresentaram abrangência maior que 5% da área total das Chapadas ou grandes modificações durante o período de 1991 e 2011.	35
Figura 2.9. Distribuição das classes de cobertura identificadas dentro da Rampa de Colúvio, considerando apenas as classes que apresentaram abrangência maior que 5% da área total das Chapadas ou grandes modificações durante o período de 1991 e 2011.	37
Figura 2.10. Distribuição das classes de cobertura identificadas dentro da Frente de Recuo Erosivo, considerando apenas as classes que apresentaram abrangência maior que 5% da área total das Chapadas ou grandes modificações durante o período de 1991 e 2011.	39

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1. Datas referentes à obtenção dos dados do sensor <i>Thematic Mapper</i> (TM) a bordo do satélite Landsat 5.	23
Tabela 2.2. Classes temáticas utilizadas para a classificação da cobertura da terra divididas em 2 níveis categóricos.	24
Tabela 2.3. Histogramas de dispersão contendo as relações das classes de cobertura mapeadas e os parâmetros morfométricos da unidade de Chapada.	34
Tabela 2.4. Histogramas de dispersão contendo as relações das classes de cobertura mapeadas e os parâmetros morfométricos da unidade de Depressão Dissecada.	36
Tabela 2.5. Histogramas de dispersão contendo as relações das classes de cobertura mapeadas e os parâmetros morfométricos da unidade de Rampa de Colúvio.	38
Tabela 2.6. Histogramas de dispersão contendo as relações das classes de cobertura mapeadas e os parâmetros morfométricos da unidade de Frente de Recuo Erosivo.	40

CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO GERAL

1.1. Introdução

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro com cerca de 2 milhões de km², o que corresponde a aproximadamente 24% do território nacional (IBGE, 2004). Dentre as savanas do mundo, este bioma apresenta a maior diversidade biológica e a maior heterogeneidade de paisagens (SILVA & BATES, 2002; SILVA et al., 2006). Essa diversidade de ambientes proporciona um número significativo de endemismo para vários grupos de animais e plantas (MACHADO et al., 2004). Devido sua complexidade natural, a caracterização dos padrões sazonais de sua cobertura mostram-se um importante subsídio para a análise das modificações ecossistêmicas (SINGH, 1989; GIRI et al., 2005).

Esta pluralidade ambiental tornou necessário a identificação de áreas com características semelhantes utilizadas para o planejamento regional, denominadas ecorregiões. Existem 22 ecorregiões dentro do Cerrado, criadas no intuito de subsidiar políticas públicas para a preservação destas áreas relevantes para a conservação da biodiversidade (ARRUDA et al., 2008).

É possível observar que as principais modificações da paisagem deste bioma ocorrem devido às atividades agropastoris, o que torna necessário a descrição de sua dinâmica de ocupação para a gestão de seus recursos naturais (JENPSON, 2005; BRANNSTROM et al., 2008).

Os sensores orbitais são uma importante ferramenta para os estudos voltados para a avaliação das mudanças da cobertura através de parâmetros biofísicos, em especial a vegetação (GALFORD et al., 2008).

1.2. Justificativa

A avaliação de mudanças da cobertura da terra é um importante subsídio para uma melhor gestão dos recursos naturais, pois consegue detectar os padrões da ocupação antrópica na paisagem. A padronização do conhecimento cartográfico e a hierarquização das escalas de mapeamento da cobertura da terra facilitam o ordenamento territorial e a caracterização ambiental (ARAÚJO FILHO et al., 2007).

Também é possível avaliar a dinâmica dessas mudanças. Para isso, pode ser elaborada séries históricas de informações, determinando a forma com que a ocupação da terra se desenvolveu no decorrer dos anos, possibilitando uma melhor caracterização ambiental.

Levando em consideração a importância das questões relacionadas à manutenção dos serviços ambientais e a multidisciplinaridade desta área, torna-se relevante a apresentação de diagnósticos ambientais que possam auxiliar demais estudos das diversas áreas do conhecimento, servir como ferramenta para elaboração de políticas públicas futuras, subsidiar projetos de gestão dos recursos naturais e gerar conhecimento científico sobre a paisagem do Bioma Cerrado.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Avaliar a dinâmica da paisagem da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Elaborar o mapeamento temporal da cobertura da terra por meio de dados orbitais multitemporais.
- Descrever a dinâmica das mudanças da cobertura da terra dentro da bacia do rio São Bartolomeu.
- Avaliar a relação entre o relevo e a cobertura da terra da bacia do rio São Bartolomeu.

1.4. Estrutura da Paisagem

A formação da paisagem ocorre através da interação hierárquica de um conjunto de fatores ambientais (rocha, clima, relevo, solo e organismos) ao longo do tempo (MARTINS et al., 2004). Esses fatores ambientais possuem dinâmicas próprias. Porém, a estrutura condicionante de um determinado nível hierárquico é o seu nível hierárquico superior (Figura 1.1).

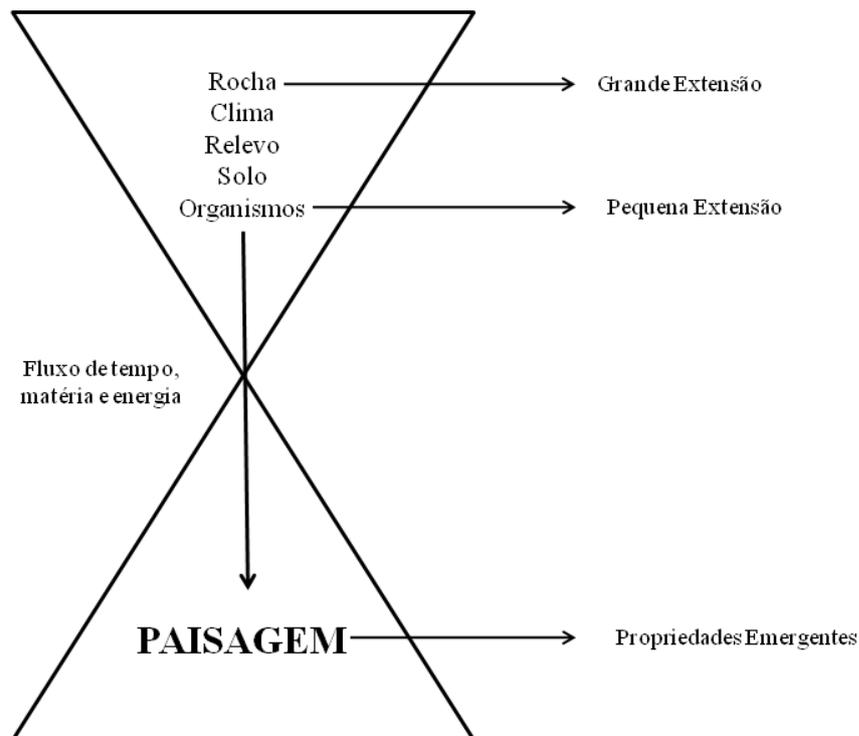


Figura 1.1. Fatores ambientais estruturantes da paisagem. Adaptado de Martins et al. (2004).

O fator geológico, juntamente com o clima, é responsável por condicionar as formas de relevo. As formas de relevo, em conjunto com o fator geológico e o clima, irão constituir os solos. E por fim, a interação de todos esses níveis hierárquicos irão determinar a distribuição organismos.

1.5. Sensoriamento Remoto na Gestão dos Recursos Naturais

Sensoriamento Remoto pode ser definido como a utilização conjunta de sensores e equipamentos para o processamento e transmissão de dados, com o objetivo de avaliar os processos dinâmicos da superfície terrestre (NOVO, 2008).

Esses sensores podem ser classificados a partir da origem da fonte de energia: i) sensores ativos, aqueles que possuem uma fonte de energia própria; e ii) sensores passivos, não possuem fonte de energia própria. Ou ainda pelo produto gerado: i) sensores não imageadores, aqueles que traduzem os dados coletados em gráficos e dados digitais, e ii) sensores imageadores, aqueles que traduzem a informação coletada na forma de imagem (FITZ, 2008).

Nota-se que, no Cerrado, a principal pressão ao ambiente natural é devido às atividades agropastoris (JENPSON, 2005; BRANNSTROM et al., 2008; SANO et al., 2001; 2009; KLINK & MACHADO, 2005; MACHADO et al., 2004). O que faz dos sensores orbitais uma importante ferramenta para os estudos das mudanças da cobertura da terra (JENPSON, 2005; BRANNSTROM et al., 2008).

Nesse sentido, torna-se relevante o emprego do sensoriamento remoto para a avaliação dos processos naturais, subsídio para o ordenamento territorial e gestão eficiente dos processos de produção (COUTO JUNIOR et al., 2012; 2013; SPAGNOLO et al., 2012).

1.6. Mudanças da Cobertura da Terra no Cerrado

No Cerrado, é possível observar que suas características ambientais proporcionaram a ocupação antrópica, principalmente em sua parte central, em consequência de diversas pressões relacionadas à abertura de novas áreas para atividades agropecuárias (SANO et al., 2001).

O desmatamento da vegetação natural do Cerrado segue em ritmo acelerado, ocasionando em um alto custo ambiental, tais como: fragmentação; perda de biodiversidade; invasão de espécies; erosão do solo; poluição da água; alteração do regime do fogo; degradação da terra; alterações no ciclo do carbono; e provável modificação climática regional (KLINK & MACHADO, 2005).

Entre 1985 e 1993, a perda da área do Cerrado foi, em média, 1,5% ao ano, o que corresponde a cerca de 3 milhões de hectares. Nesse ritmo, seria esperado que o Cerrado desaparecesse no ano de 2030 (MACHADO et al., 2004).

Em relação às atividades de produção agrícola e pecuária, já foram convertidos aproximadamente 80 milhões de hectares do Cerrado. Isso corresponde a cerca de 56% da área total do bioma (KLINK & MACHADO, 2005; SANO et al., 2009). Isso mostra a necessidade do conhecimento geográfico e da dinâmica de ocupação antrópica que transforma a paisagem, para que seja possível um manejo sustentável dos recursos naturais.

Referências Bibliográficas

- ARAÚJO FILHO, M.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.59, n.2, p.171-179, 2007.
- ARRUDA, M. B.; PROENÇA, C. E. B.; RODRIGUES, S.; MARTINS, E. S.; MARTINS, R. C.; CAMPOS, R. N. Ecorregiões, unidades de conservação e representatividade ecológica do bioma Cerrado. In: SANO, M. S.; ALMEIDA, S. M.; RIBEIRO, J. F. (eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. 1. Planaltina: Embrapa Cerrados, Cap. 8, 2008. p. 230-272.
- BRANNSTROM, C.; JENPSON, W.; FILIPPI, A. M.; REDO, D; XU, Z.; GANESH, S. Land change in the Brazilian savanna (Cerrado), 1986-2002: comparative analysis and implication for land-use policy. **Land Use Policy**, 25, 2008, p.579-595.
- COUTO JUNIOR, A. F.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; MARTINS, E. S. Séries temporais MODIS aplicadas em sucessão de culturas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e milho (*Zeamays L.*) em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 64/3. 2012. p. 405-418.
- COUTO JUNIOR, A. F.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; MARTINS, E. S. Séries temporais da NDVI, EVI e NDWI do sensor MODIS para caracterização fenológica do algodão. **Revista Brasileira de Cartografia**. v.65. 2013. p. 199-210.
- FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação**. Oficina de Textos. São Paulo, 2008. 156p.
- GALFORD, G. L.; MUSTARD, J. F.; MELILLO, J.; GENDRIN, A.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of row-crop agriculture in Brazil. **Remote Sensing of Environment**, 112, 2008. 576-587.
- GIRI, C.; ZHU, Z.; REED, B. A comparative analysis of the Global Land Cover 2000 and MODIS land cover data sets. **Remote Sensing of Environment**, 94, 2005. 123-132.

IBGE. **Mapa de biomas do Brasil. Escala 1:5.000.000.** Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>>. Acesso em: 24 ago. 2012.

JENPSON, W. A disappearing biome? Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna. **The Geographical Journal**, 171(2), 2005, p.99-111.

KLINK, C.; MACHADO, R. Conservation of Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, 19, 2005. 707-713.

MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M .B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. **Conservation Internacional**. Brasília, 2004, 23 p.

MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. **Ecologia de Paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil**. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF. 2004, 33 p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 3. São Paulo: Edgard Blucher, 2008. v.01. 363p.

SANO, E. E.; JESUS, E. T.; BEZERRA, H. S. Mapeamento e quantificação de áreas remanescentes do Cerrado através de um sistema de informações geográficas. **Comunicado técnico**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. n. 62. p. 1-4.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA, L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, p. 113-124, 2009.

SILVA, J. F.; FARIÑAS, M. R.; FELFILI, J. M.; KLINK, C. A. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the Cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**, 33, 2006. 536-548.

SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: A tropical savanna hotspot. **Bioscience**, 52, 2002. 225-233.

SINGH, A. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. **International Journal of Remote Sensing**, v.10, p. 89-1003, 1989.

SPAGNOLO, T. F. O.; GOMES, R. A. T.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; MARTINS, E. S.; COUTO JUNIOR, A. F. Dinâmica da expansão agrícola do município de São Desidério – BA entre os anos de 1984 e 2008, importante produtor nacional de soja, algodão e milho. **Geo UERJ**. v. 24. 2012. p. 603-618.

CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DAS MUDANÇAS DA COBERTURA DA TERRA E RELAÇÃO RELEVO-COBERTURA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BARTOLOMEU (DF-GO)

2.1. Introdução

Dentre as três grandes savanas mundiais, o Cerrado se destaca por apresentar a maior diversidade em termos biológicos e ambientais (SILVA & BATES, 2002; SILVA et al., 2006). Essas características fizeram com que este bioma sofresse pressões devido à ocupação antrópica, principalmente pela conversão de sua cobertura natural para atividades agropecuárias (SANO et al., 2001; 2009; MACHADO, 2004; KLINK & MACHADO 2005; JENPSON, 2005; BRANNSTROM et al., 2008).

Nota-se que devido a essa conversão, o bioma já sofreu uma perda de aproximadamente 56% de sua área total (KLINK & MACHADO, 2005; SANO et al., 2009). Por conta desses fatores, o Cerrado foi inserido na lista de regiões prioritárias para conservação de diversidade biológica por apresentar uso indiscriminado dos recursos naturais (MYERS et al., 2000).

Portanto, estabelecer medidas de gestão para um ambiente tão diversificado torna-se um desafio. Com isso, para se ter uma melhor tomada de decisões acerca de políticas públicas que visem a manutenção dessas áreas, que possuem uma alta relevância para a conservação da biodiversidade, foi realizada a subdivisão do bioma Cerrado em 22 ecorregiões, delimitadas a partir de suas características ambientais (ARRUDA et al., 2008).

Dentre as ecorregiões destaca-se o Planalto Central, localizado na região nuclear do Cerrado, cobrindo uma área de 157.160,8 km², correspondendo a 7,84% desse bioma. Esta ecorregião é caracterizada por diferentes níveis topográficos, com altitude variando entre 350 m nas calhas dos principais rios e 1.200 m na região denominada Planalto do Distrito Federal, além de acentuada complexidade geomorfológica (ARRUDA et al., 2008). Tal complexidade geomorfológica aponta a importância do entendimento do relevo para a compreensão do

funcionamento da paisagem, pois este elemento se mostra como um fator condicionante para a distribuição dos solos (MOTTA et al., 2002; MARTINS et al.; 2007) e dos organismos (COUTO JUNIOR et al., 2010).

Entre as diversas ferramentas utilizadas para a avaliação dos parâmetros ambientais, destaca-se o sensoriamento remoto. Esta ferramenta permite que dados de diferentes escalas, oriundos de sensores orbitais, possam ser integrados, facilitando assim o monitoramento dos recursos terrestres (MENESES et al, 2012).

Uma das maneiras de se proporcionar essa integração, é por meio da avaliação da dinâmica da cobertura da terra a partir de dados multitemporais. Este tipo de avaliação baseia-se na obtenção de dados de períodos distintos de uma determinada área, o que proporciona a descrição sistemática da dinâmica das mudanças da cobertura ocorridas na região. Esta é uma abordagem simples que apresenta resultados eficientes para a caracterização da dinâmica das mudanças da cobertura da terra (MENKE et al., 2009; SPAGNOLO et al., 2012).

Com base nessas informações, este trabalho teve como objetivo a utilização de dados multitemporais para a descrição das mudanças da cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu entre os anos de 1991 e 2011 e a identificação dos padrões da relação entre as características geomorfológicas e a cobertura da terra.

2.2. Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu localiza-se entre as coordenadas 8137595,65 mN - 8289531,24 mN e 167163,76 mE - 235898,02mE (SIRGAS 2000 UTM Zona 23S). Possui uma área de aproximadamente 5487 km² sendo 48% inseridos dentro do Distrito Federal e 52% dentro do estado de Goiás (Figura 2.1).

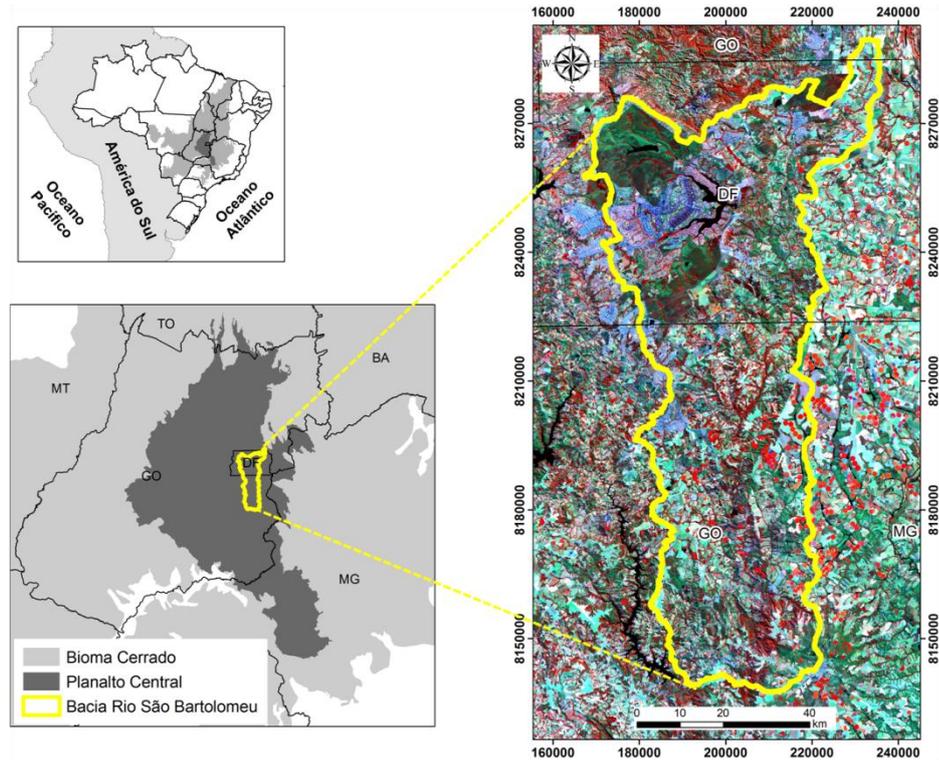


Figura 2. 1. Detalhe da área da bacia do rio São Bartolomeu (direita), sua posição em relação ao bioma Cerrado (superior esquerda) e ao Planalto Central (inferior esquerda).

O clima da região é caracterizado por possuir intensa sazonalidade, contendo invernos secos entre os meses de abril e setembro, e verões chuvosos entre outubro e agosto. Segundo a classificação de Köppen, esta região se enquadra como tropical úmido de savana com inverno seco (Aw). Possui precipitação média anual em torno de 1500 mm, mal distribuídos durante o período chuvoso. A temperatura média anual varia entre 21°C e 22°C nas partes mais elevadas e 20°C e 21°C nas porções mais baixas (SILVA et al., 2008).

A região se encontra dentro do domínio geológico formado principalmente por rochas metassedimentares dos grupos Paranoá e Canastra, os quais se encontram em contato tectônico (MARTINS et al., 2004).

O relevo é resultante dos ciclos de erosão Sul-Americanos e Velhas, onde os Sul-Americanos são os ciclos mais antigos, desenvolvidos entre o Terciário Inferior e Médio e os Velhas são os ciclos mais recentes, desenvolvidos entre o Terciário Superior e Médio (MARTINS et al., 2004).

Segundo Sena-Souza et al. (2013), dentro da bacia do rio São Bartolomeu, as Chapadas ocupam uma área aproximada a 1293 km². São caracterizadas por possuírem relevo plano e suave ondulado e abrigarem principalmente as classes de Latossolo. As Frentes de Recuo Erosivo abrangem uma área de aproximadamente 969 km². Representam as áreas mais declivosas, estando nos limites entre as unidades estáveis e deposicionais. Possuem uma grande variação altimétrica, variando entre 800 m e 1100 m. Seu relevo é característico por ser íngreme, o que proporciona maiores índices de erosão. As Rampas de Colúvio ocupam uma área com cerca de 1301 km². Possuem um relevo plano e suave ondulado e se encontram entre as Frentes de Recuo Erosivo e as Depressões Dissecadas. Essas áreas recebem o material erodido das chapadas, sendo portanto uma zona de depósito de sedimentos. A classe de solo predominante é o Latossolo e sua altitude varia entre 900 m e 1150 m. Por fim, as Depressões Dissecadas se estendem por aproximadamente 1691 km², sendo a unidade geomorfológica mais abrangente da bacia. Esta unidade é caracterizada por se encontrar nas partes mais baixas, 850 m de altitude em média, e por possuir um alto grau de dissecção, proveniente de seu material de origem pouco resistente ao intemperismo e à erosão.

A vegetação possui Formações Florestais, Savânicas e Campestres características do bioma Cerrado (RIBEIRO & WALTER, 2008). A Formação Florestal é coposta por Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão. A Formação Savânica é subdivida em Cerrado Sentido Restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda. E na Formação Campestre observa-se a presença de Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre.

2.3. Material e Métodos

O processo de elaboração deste trabalho foi dividido em duas etapas: i) mapeamento multitemporal da cobertura da terra; ii) avaliação da relação da cobertura da terra em função do relevo (Figura 2.2)

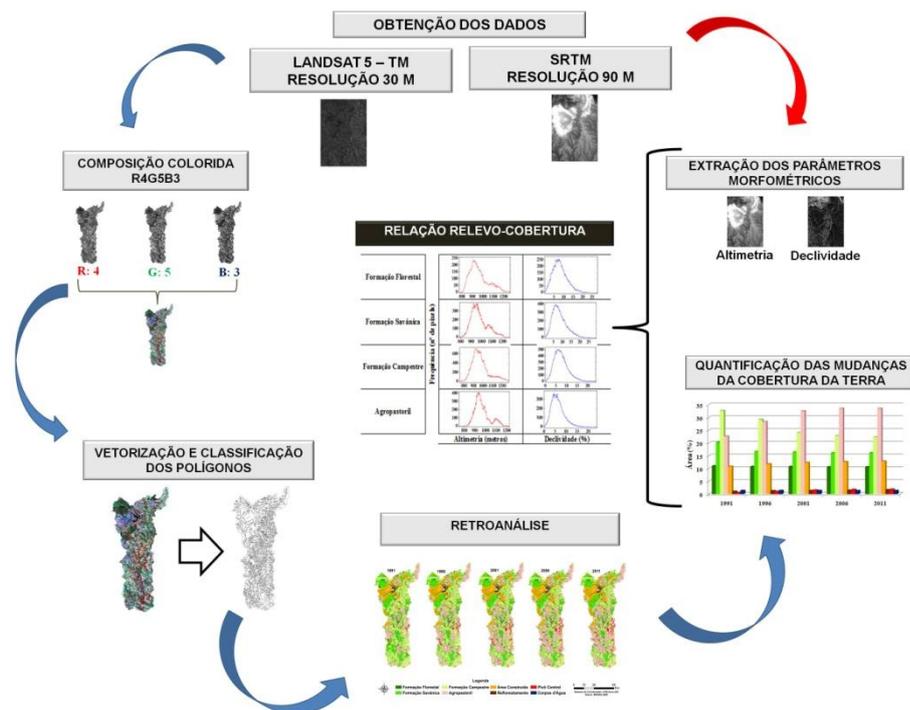


Figura 2.2. Fluxograma metodológico.

2.3.1. Mapeamento multitemporal da cobertura da terra

Para a realização desta etapa, foram utilizados dados do sensor *Thematic Mapper* (TM) a bordo do satélite Landsat 5. Este sensor opera com sete bandas, onde três destas bandas se encontram na região do visível, uma no infra vermelho próximo, duas no infravermelho médio e uma no termal. Estes dados possuem resolução espacial de 30 m, com exceção da banda termal que possui resolução espacial de 120 m. A aquisição destes dados pode ser realizada de forma gratuita através do endereço eletrônico do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE: www.inpe.br).

Para a análise multitemporal, foram selecionadas imagens das órbitas/pontos 221/071 e 221/072 referentes aos anos de 1991, 1996, 2001, 2006 e 2011. Tomou-se o cuidado de selecionar apenas imagens que representassem o período da seca (maio a setembro), a fim de diminuir a presença de nuvens e garantir uma melhor qualidade de interpretação das imagens (Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Datas referentes à obtenção dos dados do sensor *Thematic Mapper* (TM) a bordo do satélite Landsat 5.

Ano	Ponto/Órbita	Data
1991	221/071	17/07/1991
	221/072	17/07/1991
1996	221/071	27/05/1996
	221/072	27/05/1996
2001	221/071	10/06/2001
	221/072	10/06/2001
2006	221/071	11/08/2006
	221/072	11/08/2006
2011	221/071	08/07/2011
	221/072	08/07/2011

A imagem mais recente (2011) foi registrada em função do mosaico Geocover Landsat de mesmo ponto/órbita, também obtido gratuitamente através do endereço eletrônico www.landcover.org. As demais imagens foram registradas tendo como base a imagem do ano de 2011.

Para uma melhor interpretação visual, foi realizada uma composição colorida a partir da combinação das bandas 3, 4 e 5 do Landsat, onde o canal do vermelho foi ocupado pela banda 4, o canal do verde pela banda 5 e o canal do azul pela banda 3. Essa composição destaca a vegetação fotossinteticamente ativa, o que facilita a identificação dos padrões encontrados na imagem.

A partir da organização e registro desses dados, foi realizada a retroanálise do período estudado segundo Spagnolo et al. (2012) e Menke et al. (2009). Para isso, foi realizada

vetorização digital em tela referente à imagem mais recente (2011) considerando os padrões de cor, textura e forma. Onde esta, serviu de referência para as demais datas (Tabela x).

Após a vetorização, realizou-se a classificação das classes de cobertura da terra. Essa classificação foi feita a partir de um sistema de classificação híbrido, onde foram considerados o Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2006), uma proposta de classificação da cobertura da terra apresentada por Araújo Filho et al. (2007) e as fitofisionomias do bioma Cerrado segundo Ribeiro & Walter (2008) (Tabela 2.2).

Tabela 2.2. Classes temáticas utilizadas para a classificação da cobertura da terra divididas em 2 níveis categóricos.

Nível 1	Nível 2
Natural	Formação Florestal
	Formação Savânica
	Formação Campestre
Antrópico	Agropasoril
	Área Construída
	Reflorestamento
	Pivô Central
Corpos d'Água	Corpos d'Água

O primeiro nível categórico foi classificado tendo como padrão as grandes classes que podem ser identificadas no bioma Cerrado. A cobertura Natural foi subdividida em função das formações vegetais do bioma Cerrado (Florestal, Savânica e Campestre). A cobertura Antrópica foi dividida em Agropastoril (culturas agrícolas e pastagem), Área Construída (áreas urbanas consolidadas ou não consolidadas), Reflorestamento (pinus e eucalipto) e Pivô Central (áreas irrigadas por pivô). Os Corpos d'Água representaram os reservatórios, lagos e rios.

2.3.2. Relação relevo-cobertura

Após a elaboração do mapeamento multitemporal da cobertura da terra, foi realizada uma sobreposição entre estes mapas e o mapa geomorfológico da bacia do rio São Bartolomeu (SENA-SOUZA et al., 2013). Para isso, foram consideradas as unidades geomorfológicas que apresentaram uma área de abrangência maior que 15% em relação à área total da bacia. As unidades selecionadas foram: i) Chapada; ii) Frente de Recuo Erosivo; iii) Rampa de Colúvio; iv) Depressão Dissecada.

Após a seleção, foi feita a quantificação das classes de cobertura da terra presentes em cada uma das unidades geomorfológicas. A fim de sistematizar e simplificar a interpretação desses dados, foram consideradas as classes de cobertura da terra que apresentaram uma área de abrangência maior que 5% em relação à área total de cada unidade geomorfológica e as classes que apresentaram grandes taxas de modificação ao longo dos períodos avaliados.

Tendo as quantificações da cobertura da terra por unidade geomorfológica, foi avaliado os padrões de cada classe de cobertura em função dos parâmetros de altimetria e declividade do relevo. Para isso, foram utilizados dados do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial de 90 m. Estes dados podem ser adquiridos gratuitamente através do endereço eletrônico da Embrapa Monitoramento por Satélite (<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>). Para facilitar a interpretação destes parâmetros, foram gerados histogramas de frequência para cada classe de cobertura considerada.

2.4. Resultados e Discussão

Através da análise multitemporal foi possível constatar que as maiores modificações entre cobertura natural e cobertura antrópica na bacia do rio São Bartolomeu ocorreram em sua região central (Figura 2.3).

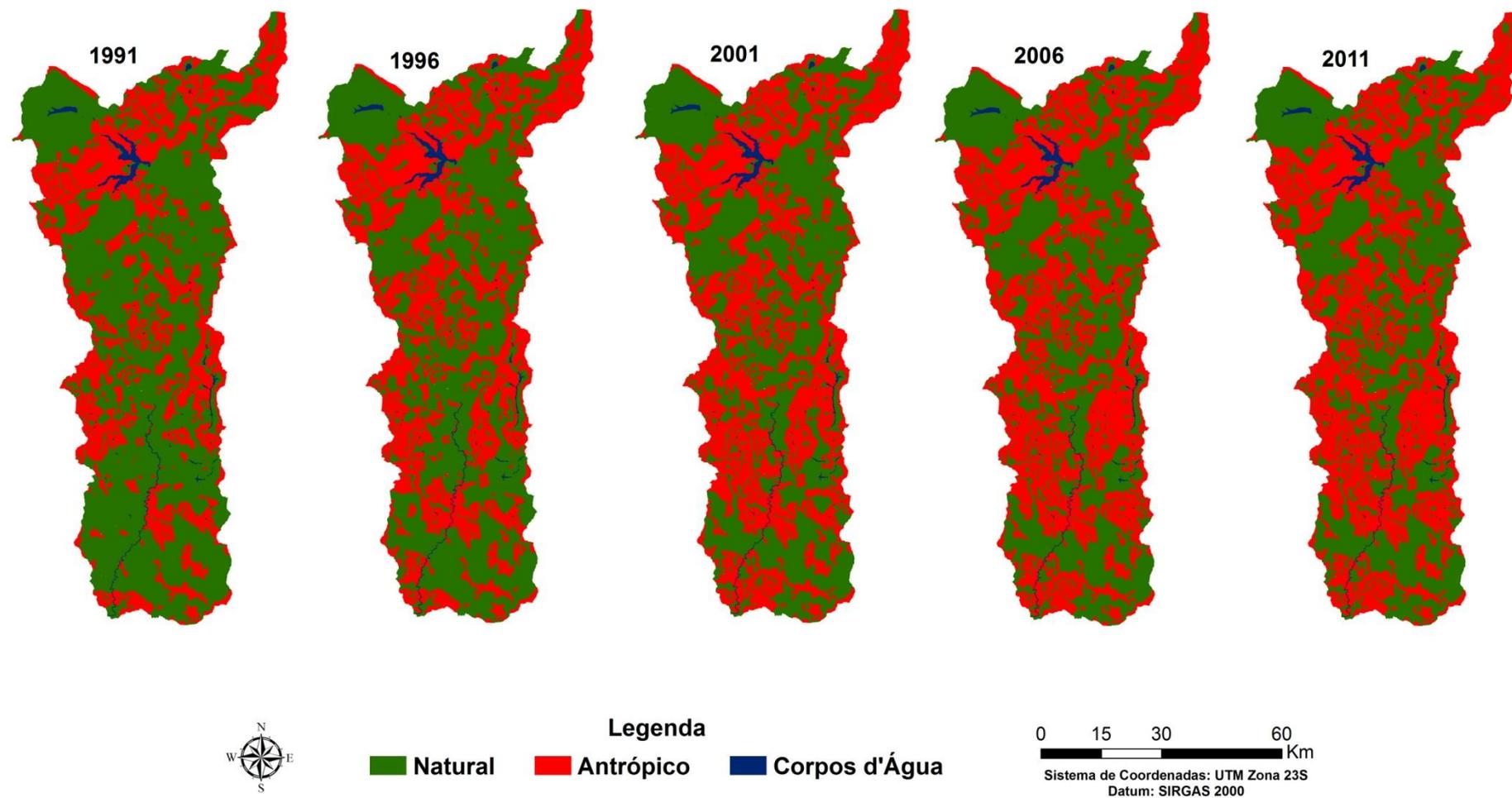


Figura 2.3. Retroanálise da cobertura do rio São Bartolomeu entre os anos de 1991 e 2011, referente ao primeiro nível categórico.

Observou-se que em 1991, a área de cobertura natural da bacia era 3507,1 km², a de cobertura antrópica 1918,5 km² e os corpos d'água abrangiam 71,5 km². Já em 2011, a cobertura natural cobria uma área de 2693,5 km², a cobertura antrópica se estendia por 2732 km² e não foi identificada alteração na extensão de corpos d'água. Isso representa que a cobertura natural teve 813,6 km² convertidos em cobertura antrópica, o que daria uma taxa de conversão de 0,74% ao ano. Com base nessas informações, é possível estimar que nesse ritmo, em aproximadamente 66 anos a cobertura natural da bacia do rio São Bartolomeu seria completamente convertida.

Entretanto, este tipo de estimativa não considera dois pontos essenciais. O primeiro é que este tipo de levantamento não leva em consideração a forma com que as mudanças aconteceram. O segundo surge a partir do primeiro, onde ao não se considerar a dinâmica das modificações, se determina que as mudanças ocorreram de forma constante ao longo do período estudado, o que torna a estimativa tendenciosa.

Para um melhor entendimento da dinâmica das mudanças da terra, foram considerados para este estudo intervalos de cinco anos entre o período avaliado. Com isso, foi possível identificar que as maiores modificações ocorreram nos primeiros períodos avaliados e foram sofrendo reduções ao longo dos demais períodos (Figura 2.4).

A maior extensão de área convertida ocorreu entre os anos de 1991 e 1996, neste período houve uma perda de cobertura natural de 395,8 km², o que representa cerca de 1,44% ao ano. Durante os anos de 1996 e 2001, a perda de áreas naturais caiu para 302,3 km², o que representa uma taxa de 1,1% ao ano. Entre 2001 e 2006, notou-se uma redução drástica em relação à perda de cobertura natural, que foi de 82,5 km², o que representa uma perda de 0,3% ao ano. Por fim, no último período de tempo avaliado, entre 2006 e 2011, essa conversão foi de apenas 33 km², uma redução de 0,12% ao ano.

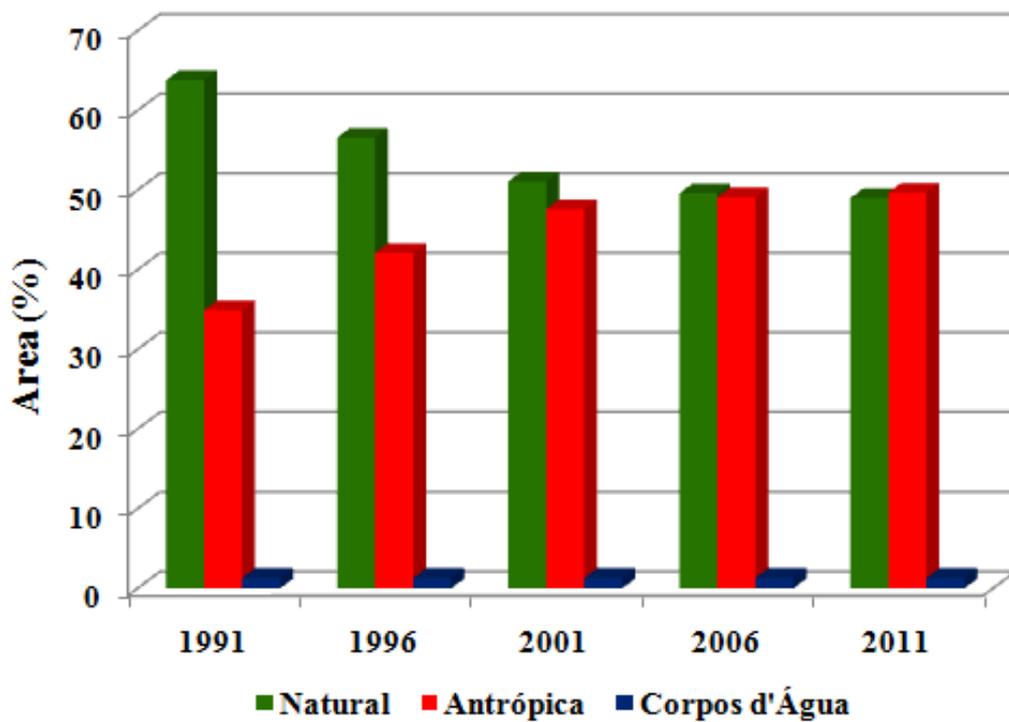


Figura 2.4. Distribuição das classes de cobertura da terra da bacia do rio São Bartolomeu entre os anos de 1991 e 2011, referentes ao primeiro nível categórico.

Isso mostra que ao longo do tempo, as áreas destinadas para usos antrópicos estão se limitando. A fim de se ter uma melhor interpretação dessas modificações, foi realizado o mapeamento referente ao segundo nível categórico, onde se constatou que dentre os usos antrópicos, destaca-se as atividades agropastoris, que apresentou a maior extensão de cobertura, mostrando ser um uso potencial na modificação da paisagem. Em contrapartida, dentro das coberturas naturais, as Formações Campestres apresentaram maior extensão, e consequentemente, foram as áreas mais convertidas ao longo do período avaliado (Figura 2.5).

Dentre as Coberturas Naturais, a Formação Florestal apresentou uma perda de 21,5 km² de sua área de extensão durante o período avaliado. A Formação Savânica apresentou nesse mesmo período uma perda de 225,4 km². Por fim, a Formação Campestre apresentou a maior área convertida, totalizando uma perda de aproximadamente 566,2 km².

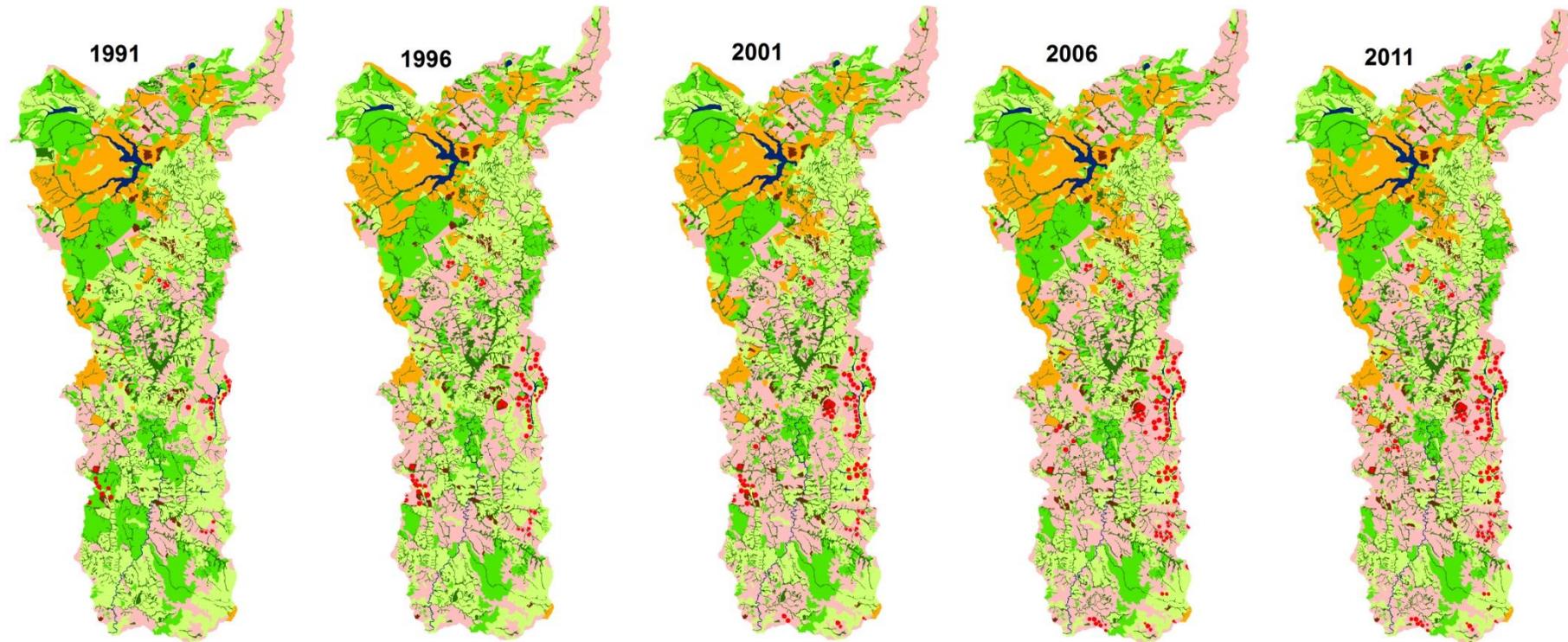


Figura 2.5. Retroanálise da cobertura do rio São Bartolomeu entre os anos de 1991 e 2011, referente ao segundo nível categórico.

Por outro lado, dentre as Coberturas Antrópicas, não se constatou grandes alterações entre Área Construída, Reflorestamento e Pivô Central, estas classes apresentaram um ganho, entre 1991 e 2011, aproximado a 109,9 km², 33 km² e 71,4 km², respectivamente. Entretanto, a classe Agropastoril apresentou um aumento de cerca de 599,2 km², mostrando ser a principal atividade dentro da bacia do rio São Bartolomeu (Figura 2.6).

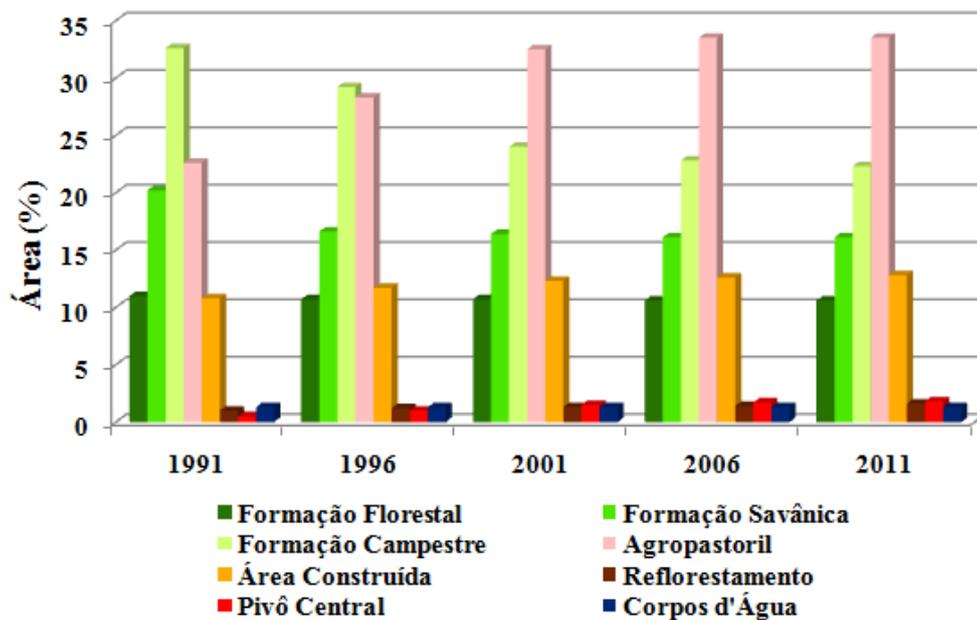


Figura 2.6. Distribuição das classes de cobertura da terra da bacia do rio São Bartolomeu entre os anos de 1991 e 2011, referentes ao segundo nível categórico.

Na avaliação por período de tempo, foi possível observar que a Formação Florestal possuía em 1991 uma área de 604,7 km². Em 1996, essa área foi reduzida para 588,2 km², uma perda de 16,5 km², que equivalem a uma taxa de conversão de 0,06% ao ano. Entre 1996 e 2001, esta classe não apresentou alteração. Entre 1996 e 2006, foi identificada uma redução de 5,5 km², cerca de 0,01% ao ano. E entre 2006 e 2011, mais uma vez não foi identificada alterações nas Formações Florestais.

A Formação Savânica apresentou em 1991 uma área de 1110,4 km². Em 1996, observou-se que sua extensão foi reduzida para 912,5 km², perda de 197,9 km², que representa uma alteração média de 0,72% ao ano, este foi o ponto de maior conversão desta classe

durante o período de tempo avaliado. Entre 1996 e 2001, houve uma perda de área de 11 km², equivalente a 0,04% ao ano. Entre 2001 e 2006, identificou-se uma perda de 16,5 km², algo em torno de 0,06% ao ano. E entre 2006 e 2011 não foi identificadas alterações.

A Formação Campestre, que foi a que mais sofreu modificações durante o período de tempo avaliado, apresentou em 1991 uma área de 1792 km². Em 1996, essa área caiu para 1605,1 km², uma perda de 186,9 km², equivalentes a uma taxa de conversão de 0,68% ao ano. Em entre 1996 e 2001, a perda foi de 285,8 km². Este período representou a maior taxa de conversão entre todas as classes mapeadas, que foi equivalente a 1,04% ao ano. Entre 2001 e 2006, observou-se uma perda de 66 km², o que representa uma taxa de 0,24% ao ano, uma redução na conversão quase 4,5 vezes menor que o período anterior. O último período avaliado, entre 2006 e 2011, a perda de área foi de 27,5 km², sendo estes valores representativos a uma taxa de conversão anual de 0,1%.

Por fim, a classe Agropastoril apresentou em 1991 uma área de 1242,3 km². Em 1996, essa área sofreu um aumento de 313,4 km², algo em torno de 1,14% ao ano. Entre 1996 e 2001, este aumento foi de 230,8 km², o que representou um aumento de 0,84% ao ano. Entre 2001 e 2006, observou-se uma redução considerável na expansão dessa classe, nesse período o aumento foi de 55 km², equivalentes a 0,2% ao ano. Nota-se que esta redução da expansão da classe Agropastoril é refletida na diminuição da conversão da Formação Campestre entre o mesmo período. Já entre 2006 e 2011, não foi identificado aumento nas áreas ocupadas por atividades agropastoris.

A avaliação por períodos de tempo das mudanças da cobertura da terra possibilitou observar que as atividades agropastoris se mostram como o principal agente de conversão do ambiente natural dentro da bacia do rio São Bartolomeu. Porém, as áreas propícias para o estabelecimento dessas atividades se apresentam em um estado de limitação, o que justifica a redução das taxas de conversão ao longo dos vinte anos estudados.

Isso ocorre devido às características geomorfológicas atuarem como fator condicionante para a distribuição espacial dos solos (MOTTA et al., 2002; MARTINS et al., 2007) e determinarem os padrões de cobertura vegetal e usos agrícolas (COUTO JUNIOR et al., 2010).

A fim de ilustrar essa relação entre relevo e cobertura da terra, foi realizada a sobreposição do mapeamento geomorfológico da bacia do rio São Bartolomeu (SENA-SOUZA et al., 2013) e os resultados do mapeamento da cobertura da terra. Para isso, foram selecionadas as unidades geomorfológicas que apresentaram uma área de abrangência maior que 15% da área total da bacia do rio São Bartolomeu. Com isso, foi possível observar que as áreas Agropastoris são predominantes nas Chapadas e nas Depressões Dissecadas, as Áreas Construídas estão concentradas principalmente nas Rampas de Colúvio e as Frentes de Recuo Erosivo possuem uma maior extensão de áreas naturais.

Nota-se que as classes mais abrangentes das Chapadas são as atividades Agropastoris, as Áreas Construídas e as Formações Savânicas e Campestres (Figura 2.7). Em 1991, as atividades Agropastoris representavam uma área de 447,8 km², as Áreas Construídas abrangiam 141,9 km², as Formações Savânicas cobriam 327,2 km² e as Formações Campestres se estendiam por 295,3 km². Em 1996, ocorreu uma diminuição das áreas das Formações Savânicas e Campestres, estas perderam 48,8 km² e 39,3 km² respectivamente. Em contrapartida, houve um aumento nas Áreas Construídas e Agropastoril de 30,8 km² e 45,2 km² respectivamente.

Em 2001, essas modificações foram menos expressivas, a Formação Savânica teve uma redução de 3,1 km², a Formação Campestre uma perda de 36,3 km², as atividades Agropastoris um aumento de 27 km² e não foi constatado alteração nas áreas construídas. Nos demais anos avaliados, não se identificou mudanças maiores que 12 km² para nenhuma das classes de cobertura da terra mapeadas, com exceção dos Pivôs Centrais. Estes apresentavam

em 1991 uma área de 13,85 km², esta classe sofreu um crescimento de 36,3 km² durante os vinte anos avaliados, o que representa um crescimento de quase 300%.

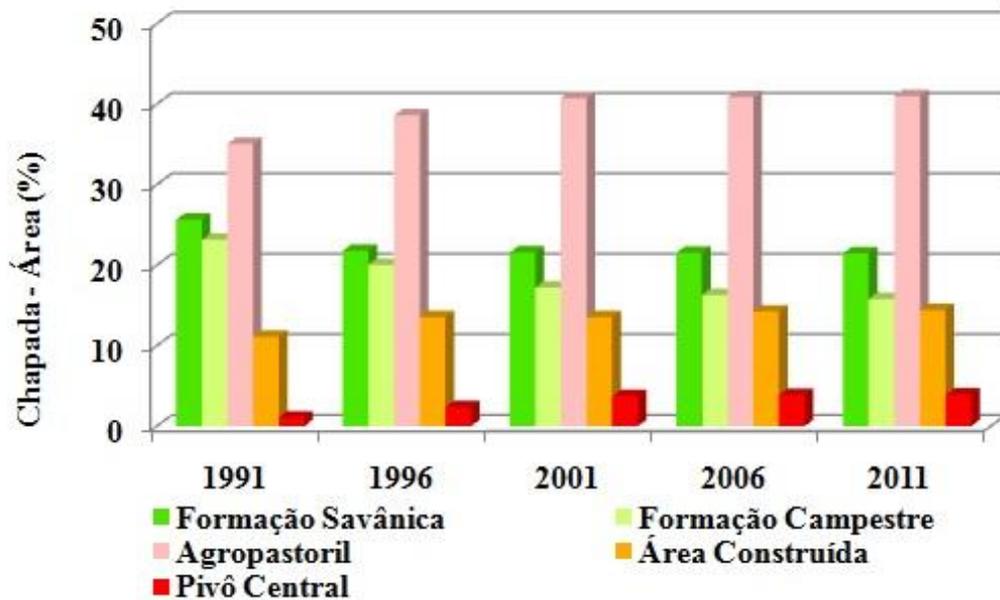
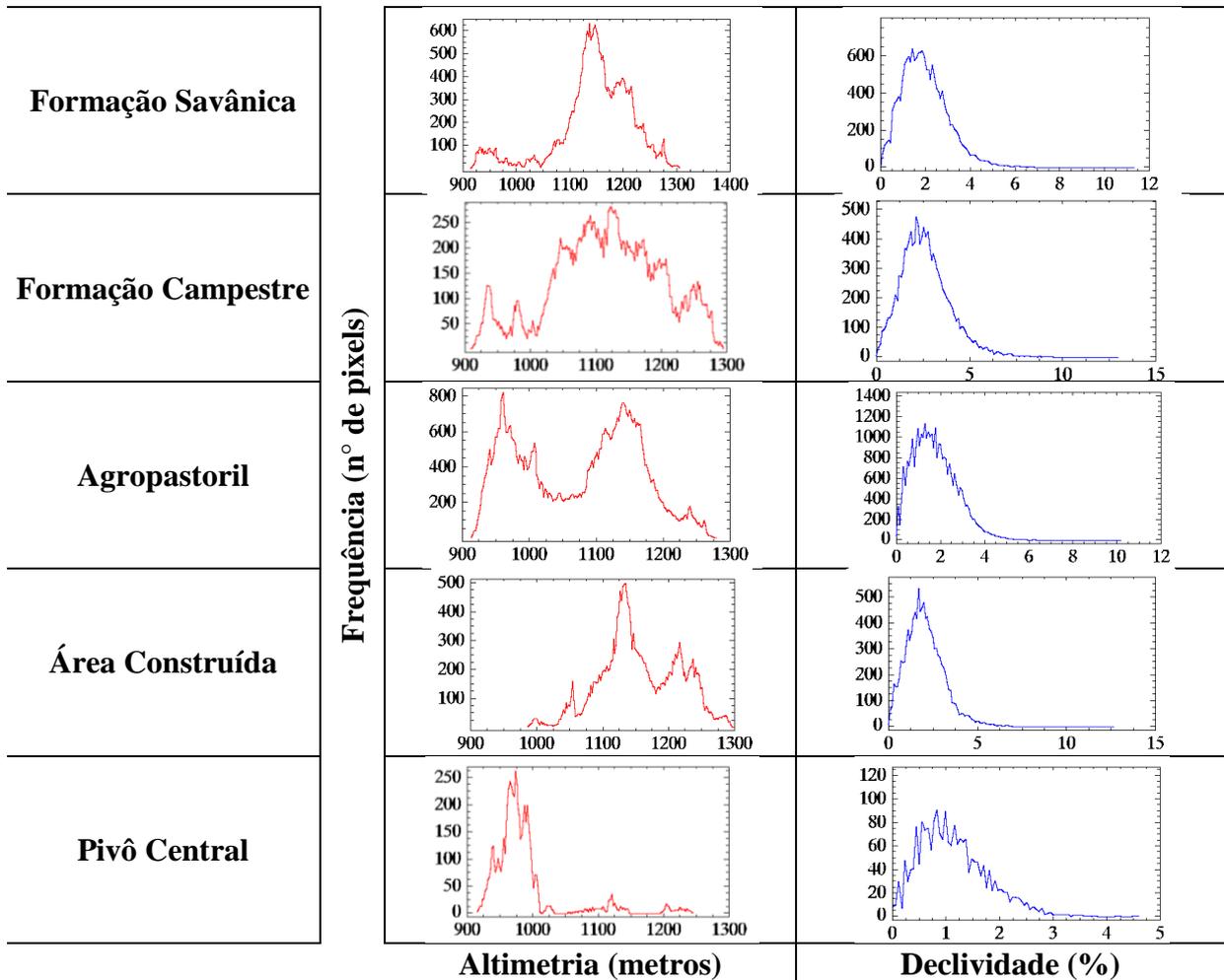


Figura 2.7. Distribuição das classes de cobertura identificadas dentro das Chapadas, considerando apenas as classes que apresentaram abrangência maior que 5% da área total das Chapadas ou grandes modificações durante o período de 1991 e 2011.

As características morfométricas das classes de cobertura da terra podem ser avaliadas a partir da interpretação dos histogramas de dispersão (Tabela 2.3).

Dentro das Chapadas, as Formações Savânicas estão concentradas em áreas com variação de altitude entre 1100 e 1200 metros e declividade entre 1% e 3%. As Formações Campestres são predominantes em altitudes em torno de 1100 metros e declividade entre 2 e 3%. As atividades Agropastoris podem ser encontradas tanto nas partes mais baixas da Chapada (entre 900 e 1000 metros), quanto nas partes mais elevadas (entre 1100 e 1200 metros), ambas em declividade em torno de 2%. As Áreas Construídas ocupam as áreas com altitude entre 1100 e 1300 metros e declividade em torno de 2% a 4%. Já os Pivôs Centrais são concentrados nas partes mais baixas e planas das Chapadas, com altitude variando entre 900 e 1000 metros e cerca de 1% de declividade.

Tabela 2.3. Histogramas de dispersão contendo as relações das classes de cobertura mapeadas e os parâmetros morfométricos da unidade de Chapada.



Isso demonstra que dentro das Chapadas, as áreas com maior declividade estão relacionadas à cobertura natural e às áreas urbanas. Já as atividades de agricultura e pastagem ocupam os locais mais planos, tendo as partes mais baixas concentradas para os cultivos irrigados por Pivô Central.

As principais modificações dentro da Depressão Dissecada estão ligadas à conversão das Formações Campestres em atividades Agropastoris (Figura 2.8). Em 1991, as Formações Campestres cobriam uma área de 878,8 km² e as áreas Agropastoris 488,2 km². Em 1996, as Formações Campestres tiveram uma redução de 68,6 km², uma perda média de 0,66% ao ano.

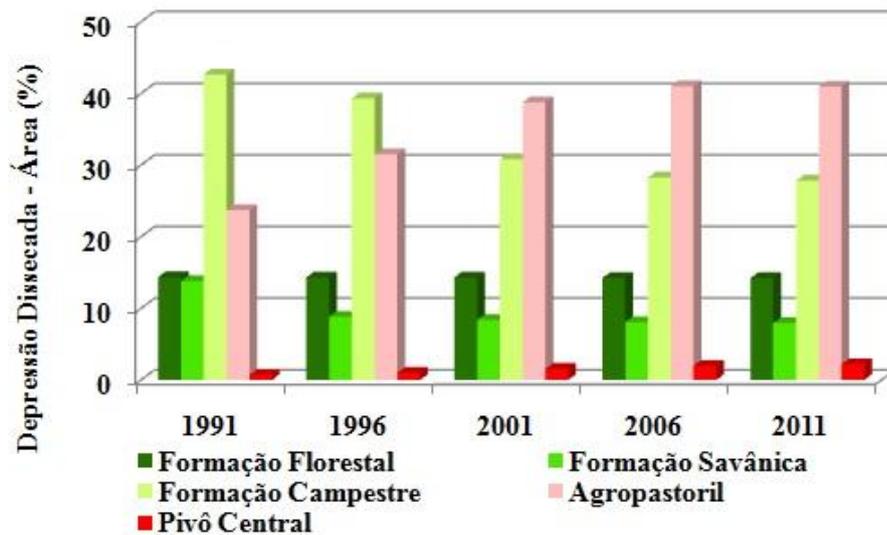
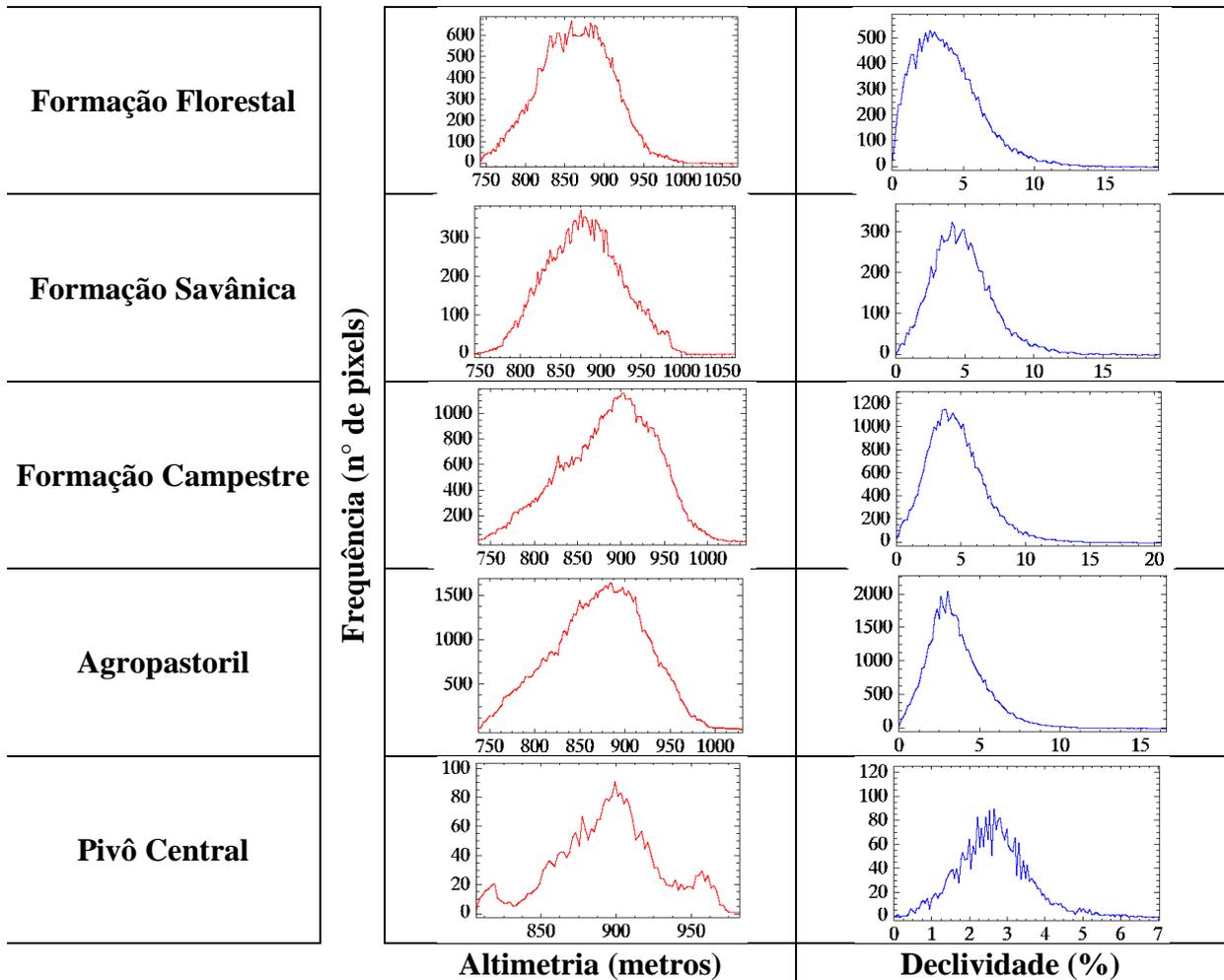


Figura 2.8. Distribuição das classes de cobertura identificadas dentro da Depressão Dissecada, considerando apenas as classes que apresentaram abrangência maior que 5% da área total das Chapadas ou grandes modificações durante o período de 1991 e 2011.

Já as áreas Agropastoris nesse mesmo ano, apresentaram um aumento de 160,7 km², que representa um ganho de 1,56% ao ano. Entre 1996 e 2001, observou-se uma diminuição de 175,5 km² de Formação Campestre, maior perda identificada entre os períodos avaliados, o que equivale a uma taxa de redução de 1,7% ao ano. Por outro lado, neste período as atividades Agropastoris apresentaram um crescimento de 149,7 km², equivalente a um crescimento de 1,45% ao ano. Nos demais períodos, essas classes apresentaram um comportamento relativamente estável, apresentando entre 2001 e 2011 uma perda de 3 km² para a Formação Campestre e um ganho de 2,2 km² para o Agropastoril. Ainda dentro dessa unidade geomorfológica, assim como nas Chapadas, observou-se um aumento de quase 300% dos Pivôs Centrais, em 2001 eles abrangiam uma área de 13,7 km², já em 2011 essa área aumentou para 45,2 km².

A grande variação de altimetria e declividade da Depressão Dissecada caracteriza um terreno acidentado. Isso faz com que o padrão de distribuição das classes de cobertura da terra sejam similares (Tabela 2.4).

Tabela 2.4. Histogramas de dispersão contendo as relações das classes de cobertura mapeadas e os parâmetros morfométricos da unidade de Depressão Dissecada.



A cobertura natural dentro desta unidade geomorfológica se concentra em 800 e 1000 metros de altitude e em uma variação de declividade entre 2% e 8%, as atividades Agropastoris se encontram em altitudes em torno de 800 e 950 metros e declividade em torno de 3% e os Pivôs Centrais, assim como nas Chapadas, ocupam as partes mais baixas (entre 850 e 950 metros) e as mais planas (concentrados principalmente em declividades de 2% a 3%) desta unidade geomorfológica. Nota-se que o padrão de ocupação dos Pivôs Centrais são parecidos para a Chapada e para a Depressão Dissecada, em ambas as unidades geomorfológicas eles se concentram nas partes mais baixas e de menos declividade, isso ocorre devido a melhor capacidade de captação de água desses ambientes.

Na Rampa de Colúvio, observa-se uma predominância de Área Construída, pequenas modificações no Agropastoril e uma baixa redução de Formação Campestre. Nota-se ainda que as modificações da paisagem nesta unidade geomorfológica ocorreram principalmente no período entre os anos de 1991 e 1996 (Figura 2.9).

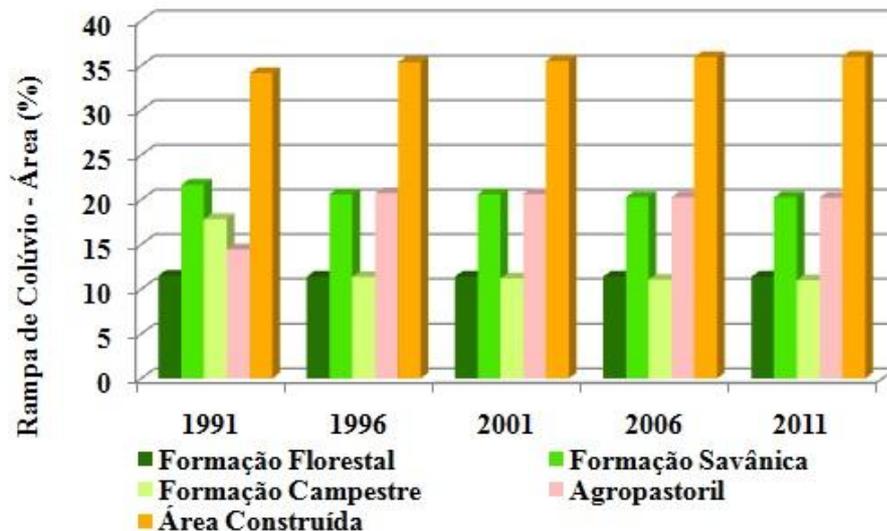
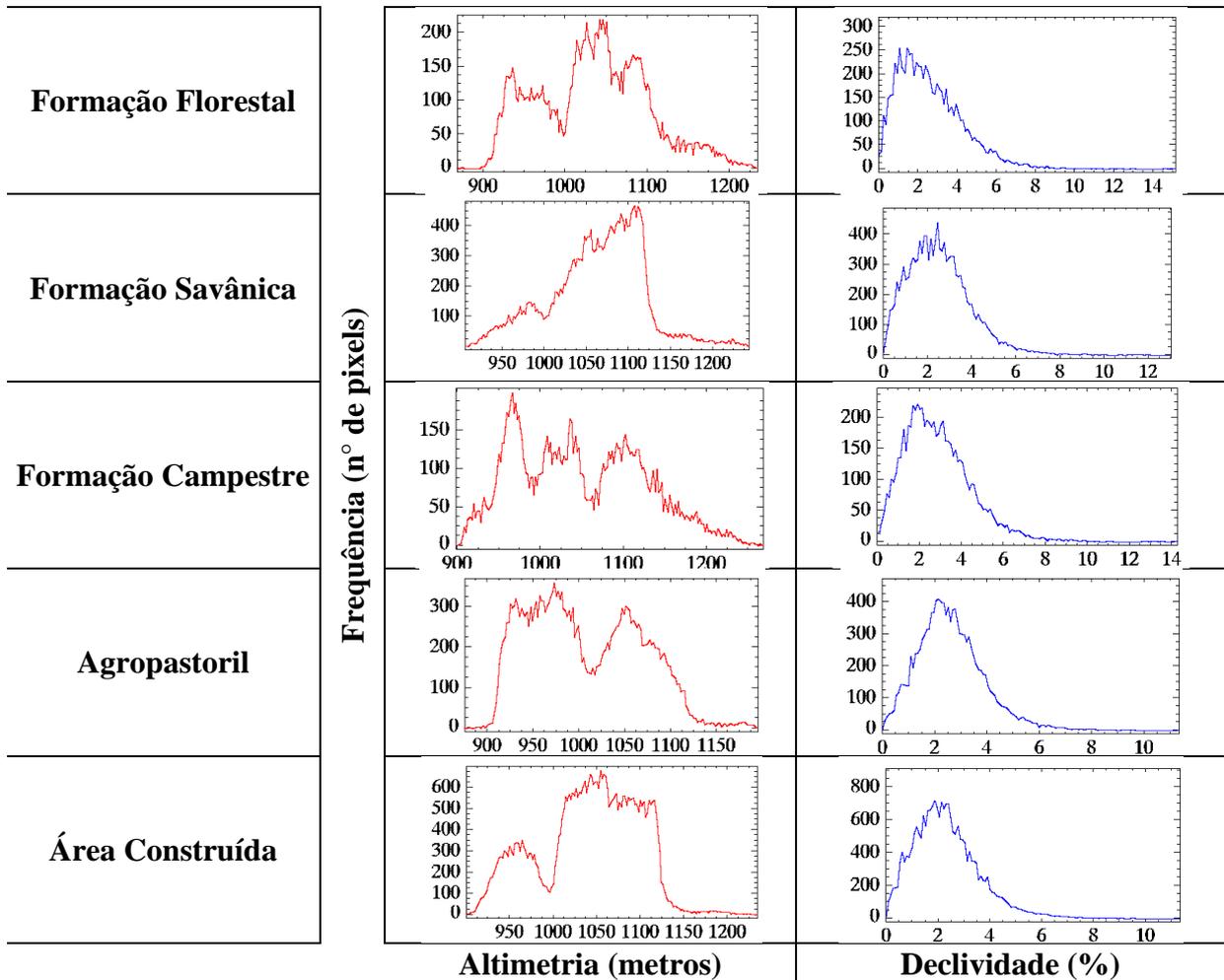


Figura 2.9. Distribuição das classes de cobertura identificadas dentro da Rampa de Colúvio, considerando apenas as classes que apresentaram abrangência maior que 5% da área total das Chapadas ou grandes modificações durante o período de 1991 e 2011.

Em 1991 as Áreas Construídas cobriam uma área de 339,2 km², as atividades Agropastoris totalizavam 143,3 km² e a Formação Campestre se estendia por 176,9 km². Em 1996, as Áreas Construídas tiveram um aumento de 11,9 km², as atividades Agropastoris aumentaram em 62,5 km² e a Formação Campestre teve uma conversão de 64,3 km². Nos demais anos, não foi identificada grandes mudanças nesta unidade geomorfológica. Entre 1996 e 2011 identificou-se uma perda de apenas 3,6 km² de Formação Campestre, redução de 4,7 km² das atividades Agropastoris e um crescimento de 6,7 km² de Áreas Construídas.

Esta unidade geomorfológica apresentou uma variação de altitude em torno de 900 e 1200 metros e declividade entre 2% e 8%, onde as coberturas naturais se mostraram presentes nas regiões de maior declividade e as antrópicas apresentaram uma concentração nas regiões de menor declividade (Tabela 2.5).

Tabela 2.5. Histogramas de dispersão contendo as relações das classes de cobertura mapeadas e os parâmetros morfométricos da unidade de Rampa de Colúvio.



A Formação Florestal é presente em áreas com altitude entre 900 e 1100 metros e declividade em torno de 2% e 4%, a Formação Savânica mostrou uma maior concentração em altitudes entre 1000 e 1100 metros e declividade em torno de 2% e 4%, a Formação Campestre seguiu o mesmo padrão das demais Formações, esta foi identificada com maior intensidade em altitudes entre 950 e 1100 metros e declividade entre 2% e 4%. Já na cobertura Antrópica, as atividades Agropastoris apresentaram predominância em áreas com altitude em torno de 950 metros e 1050 metros e declividade entre 1% e 3%, as Áreas Construídas foram identificadas nas partes mais altas, entre 1000 e 1100 metros e declividade em torno de 2%.

A exemplo das Chapadas, esta unidade geomorfológica apresentou padrões parecidos para as classes de cobertura da terra mapeadas, isso se dá pelo fato da Rampa de Colúvio ser um ambiente de deposição dos materiais erodidos da Chapada (SENA-SOUZA et al, 2013), o que faz com que as suas características sejam semelhantes em relação à distribuição dos organismos.

Por fim, a última unidade geomorfológica observada foi a Frente de Recuo Erosivo. Nesta unidade foi possível observar uma predominância de cobertura natural, seguida de um pequeno crescimento de atividade Agropastoril (Figura 2.10).

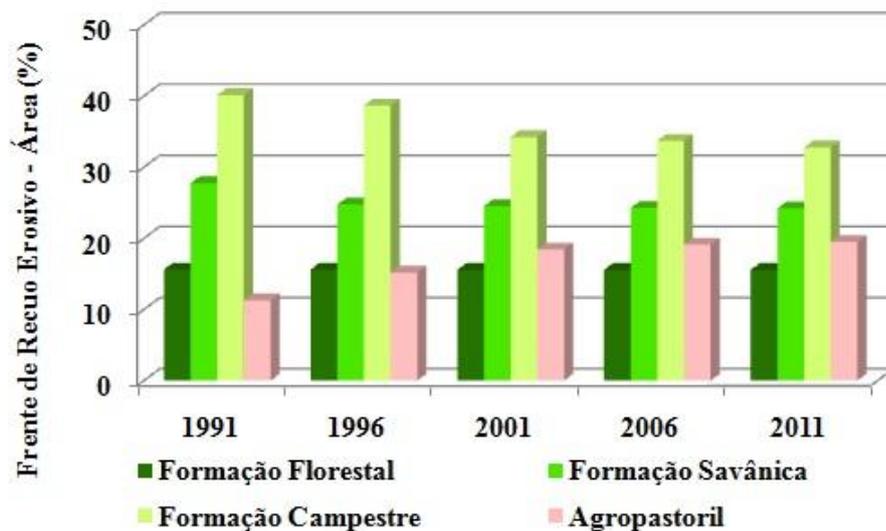


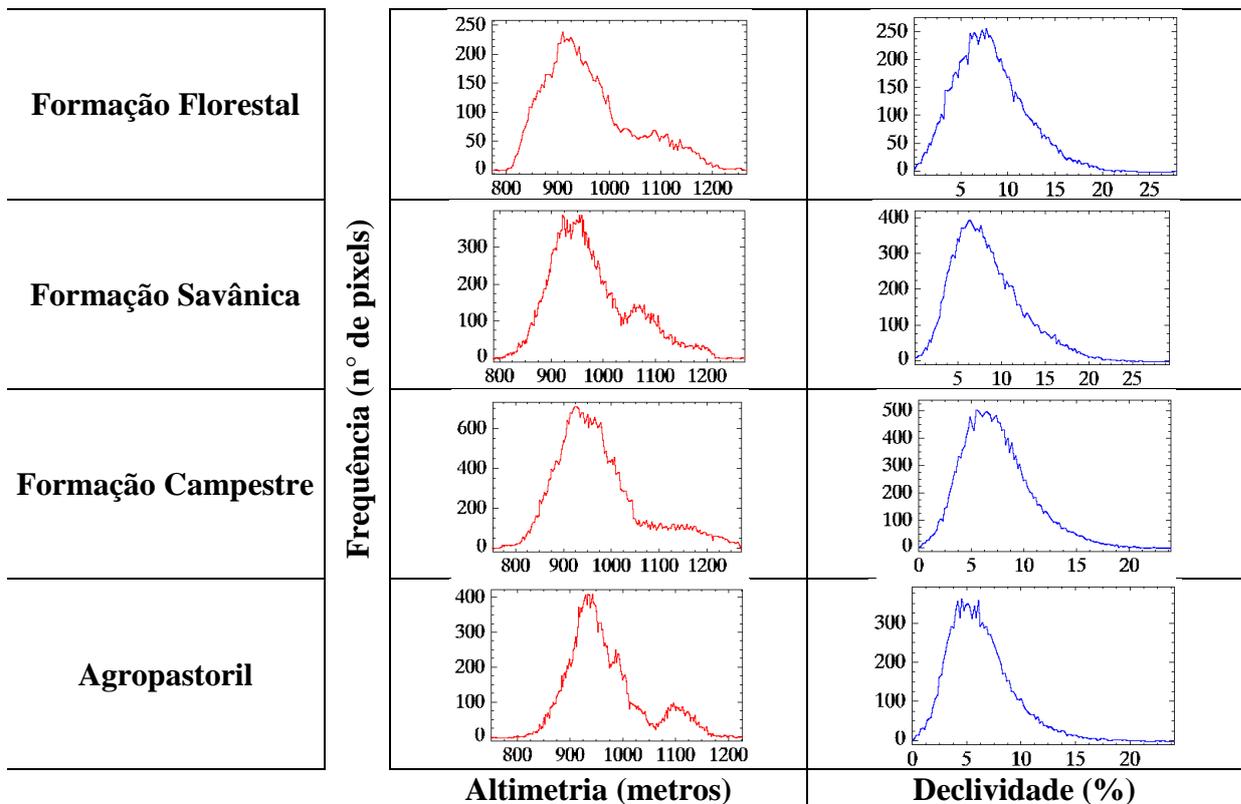
Figura 2.10. Distribuição das classes de cobertura identificadas dentro da Frente de Recuo Erosivo, considerando apenas as classes que apresentaram abrangência maior que 5% da área total das Chapadas ou grandes modificações durante o período de 1991 e 2011.

Em 1991 a Formação Florestal cobria uma área de 150,9 km², a Formação Savânica possuía uma extensão de 268,2 km², a Formação Campestre se estendia por 387,64 km² e as atividades Agropastoris abrangiam uma área de 109 km². Durante os anos avaliados, a Formação Florestal não apresentou modificações. Em 1996, houve uma redução de 29,1 km² na Formação Savânica e de 14,2 km² na Formação Campestre. Já nas áreas Agropastoris foi identificado um aumento de 37,6 km². Nos demais anos avaliados não se identificou modificações de grande expressão, entre 1996 e 2011 a Formação Savânica apresentou uma

perda de área de 5,5 km², a Formação Campestre teve 56,8 km² de sua área convertida e as atividades Agropastoris tiveram um aumento de 41,7 km².

Nesta unidade geomorfológica, observou-se uma variação de altitude entre 800 e 1200 metros e declividade até 20%, o que caracteriza uma área com relevo muito acidentado (Tabela 2.6).

Tabela 2.6. Histogramas de dispersão contendo as relações das classes de cobertura mapeadas e os parâmetros morfométricos da unidade de Frente de Recuo Erosivo.



A cobertura Natural se mostrou predominante em altitudes entre 900 e 1000 metros e declividade entre 5% e 10%, ocorrendo de forma menos expressiva nas partes mais altas (até 1200 metros) e mais declivosas (até 20%). Por outro lado, as atividades Agropastoris se mostraram presentes nas partes mais baixas, entre 800 e 950 metros, e com menor declividade, em torno de 5%.

A alta declividade da Frente de Recuo Erosivo determina um ambiente com cobertura natural predominante, pois estes ambientes, como o nome indica, possuem um alto potencial

de processos erosivos, o que torna necessário a manutenção da cobertura vegetal, como é determinado no Código Florestal Brasileiro, que define em seu artigo 4º, que topo de morros, montes, montanhas e serras com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 45º devem ser considerados como Áreas de Preservação Permanente (BRASIL, 2012).

2.5. Conclusão

O mapeamento da cobertura da terra possibilitou observar que entre 1991 e 2011, a bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu teve uma área de 813,6 km² de sua cobertura natural convertidas em atividades antrópicas. Entre essas atividades, a classe Agropastoril apresentou o maior potencial de modificação da paisagem. Entre toda a área convertida, 599,2 km² foram destinados para essa classe.

A análise multitemporal identificou a forma com que essas modificações ocorreram ao longo do tempo. Foi possível identificar que as maiores conversões ocorreram entre o primeiro período de tempo avaliado e foram reduzindo nos demais períodos. Observou-se que a classe Agropastoril apresentou um crescimento em torno de 1,14% a.a entre os anos de 1991 e 1996. Entre 1996 e 2001, o avanço dessa classe foi de 0,84% a.a. Entre 2001 e 2006, identificou uma drástica redução nesse aumento, que foi de apenas 0,2% a.a. E por fim, entre 2006 e 2011 não foi identificado aumento das atividades Agropastoris.

A avaliação das características morfométricas das classes de cobertura da terra em função do relevo possibilitou a identificação dos padrões de altitude e declividade em que elas se associam, mostrando a importância do emprego do relevo como fator determinante para a distribuição da vegetação e expansão antrópica.

Os resultados deste trabalho podem auxiliar para o melhor entendimento dos processos que condicionam a dinâmica da paisagem. Além disso, a metodologia pode servir de subsídio para planos de gestão dos recursos naturais e estabelecimento de políticas públicas que determinam a expansão rural e urbana.

Referências Bibliográficas

- ARAÚJO FILHO, M. C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia** nº. 59/02, 2007.
- ARRUDA, M. B.; PROENÇA, C. E. B.; RODRIGUES, S.; MARTINS, E. S.; MARTINS, R. C.; CAMPOS, R. N. Ecorregiões, unidades de conservação e representatividade ecológica do bioma Cerrado. In: SANO, M. S.; ALMEIDA, S. M.; RIBEIRO, J. F. (eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. 1. Planaltina: Embrapa Cerrados, Cap. 8, 2008. p. 230-272.
- BRANNSTROM, C.; JENPSON, W.; FILIPPI, A. M.; REDO, D; XU, Z.; GANESH, S. Land change in the Brazilian savanna (Cerrado), 1986-2002: comparative analysis and implication for land-use policy. **Land Use Policy**, 25, 2008, p.579-595.
- BRASIL. Código Florestal. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Disponível em <<http://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em 08 Jun. 2014.
- COUTO JUNIOR, A. F; SOUZA, V. V; CARVALHO JUNIOR, O. A; MARTINS, E. S; SANTANA, O. A; FRETAS, L. F; GOMES, R. A. T. Integração de Parâmetros Morfométricos e Imagem ASTER para a Delimitação das Fitofisionomias da Serra da Canastra, Parque Nacional da Serra da Canastra, MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 11, n. 1, 2010.
- JENPSON, W. A disappearing biome? Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna. **The Geographical Journal**, 171(2), 2005, p.99-111.
- KLINK, C.; MACHADO, R. Conservation of Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, 19, 2005. 707-713.
- MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M .B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. **Conservation Internacional**. Brasília, 2004, 23 p.
- MARTINS, E. S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. **Evolução Geomorfológica do Distrito Federal**. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, p. 57. 2004.
- MARTINS, E. S; CARVALHO JUNIOR, O. A; VASCONCELOS. V; COUTO JUNIOR, A. F; OLIVEIRA, S. N; GOMES, R. A. T; REATTO, A. Relação Solo-Relevo em Vertentes Assimétricas no Parque Nacional Serra dos Órgãos, RJ. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, nº 1, p. 45-62. 2007.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Org.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília, 2012.
- MENKE A. B.; CARVALHO JUNIOR O. A.; GOMES R. A. T.; MARTINS E. S. & OLIVEIRA S. N. Análise das mudanças do uso agrícola da terra a partir de dados de

sensoriamento remoto multitemporal no município de Luis Eduardo Magalhães (BA – Brasil). **Sociedade e Natureza**, 21:315-326, 2009.

MOTTA, P. E. F.; CARVALHO FILHO, A.; KER, J. C.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JUNIOR, W.; BLANCANEUX, P. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 869-878, jun. 2002.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403, 853-858, 2000.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M. et al. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília : Embrapa Informação Tecnológica, 2008. Cap. 6, p.151-212.

SANO, E. E.; JESUS, E. T.; BEZERRA, H. S. Mapeamento e quantificação de áreas remanescentes do Cerrado através de um sistema de informações geográficas. **Comunicado técnico**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. n. 62. p. 1-4.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA, L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, p. 113-124, 2009.

SENA-SOUZA, J. P.; MARTINS, E. S.; COUTO JÚNIOR, A. F.; REATTO, A.; VASCONCELOS, V.; GOMES, M. P.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; REIS, A. M. Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu, escala 1:100.000. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. 314. Planaltina, DF. 38 p. 2013.

SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização Climática do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora**. [S.l.]: Embrapa, v. 1, 2008. Cap. 3, p. 69-87.

SILVA, J. F.; FARIÑAS, M. R.; FELFILI, J. M.; KLINK, C. A. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the Cerrado region of Brazil. *Journal of Biogeography*, 33, 2006. 536-548.

SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: A tropical savanna hotspot. **Bioscience**, 52, 2002. 225-233.

SPAGNOLO, T. F. O.; GOMES R. A. T.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. MARTINS, E. S.; COUTO JUNIOR, A. F. Dinâmica da expansão agrícola do município de São Desidério-BA entre os anos de 1984 e 2008, importante produtor nacional de soja, algodão e milho. **GeoUERJ**, 24:603-618, 2012.

CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho está inserido no âmbito do projeto Modelagem de Variáveis Geoambientais para a Caracterização de Serviços Ambientais do Bioma Cerrado (Projeto GeoCerrado). Esse projeto é uma iniciativa liderada pela Embrapa Cerrados, que tem por objetivo caracterizar o potencial que diferentes áreas do bioma Cerrado têm de prover Serviços Ambientais relacionados à qualidade do solo, à qualidade da água e à quantidade de água.

Os resultados obtidos mostram que ao longo dos anos, a conversão de áreas naturais em atividades humanas, em especial as atividades agropastoris, se mostram em um ritmo de desaceleração. Isso ocorre porque as áreas propícias para o desenvolvimento agrícola estão se limitando ao longo dos anos, o que torna claro a existência de um fator determinante para o potencial de ocupação da terra. Com isso, surge a importância do emprego de uma abordagem abrangente e sistemática em relação aos fatores que condicionam a paisagem, em especial o relevo, pois este se mostra como o elemento integrador entre os fatores de grande extensão (clima e rocha) e os fatores de pequena extensão (solo e organismos).

A partir da análise entre as classes de cobertura da terra e as unidades geomorfológicas da área de estudo, foi possível identificar os potenciais usos em função das características do relevo. Esses dados, em conjunto com os parâmetros morfométricos obtidos através dos dados de altimetria da região, possibilitaram caracterizar os ambientes em que as classes de cobertura da terra se associam dentro de cada unidade geomorfológica.

Este trabalho é o segundo produto de uma proposta integradora de pesquisas desenvolvidas pelo Núcleo de Estudos em Ambientes Tropicais (NEAT), da Universidade de Brasília, liderados pelos Professores Dr. Antonio Felipe Couto Junior e Dra. Gabriela Bielefeld Nardoto. O primeiro produto foi a realização do mapeamento geomorfológico da

bacia do rio São Bartolomeu, que resultou na proposta de integração entre os parâmetros do relevo com dinâmica da cobertura da terra, o que gerou este segundo produto. A partir dessa integração, é possível idealizar propostas para os futuros trabalhos, que podem ser:

- Construção de biblioteca espectral para caracterização da distribuição dos solos da bacia do rio São Bartolomeu;
- Avaliação da fragmentação da paisagem em função das unidades geomorfológicas.